單元八 載波調變技術：QPSK, MSK

大綱

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

目的

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

目的

本單元將討論的數位載波調變，包括四相移鍵控(Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)調變、最小頻移鍵控(Minimun Shift Keying, MSK)調變。藉由這幾種數位通訊架構，來觀察數位調變器的時域訊號、頻域訊號，以及了解在AWGN雜訊通道時的錯誤機率。

原理

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

正交相位位移鍵調變(QPSK)

- 正交相位位移鍵調變(Quadrature phase shift keying, QPSK, 或稱為”四進位PSK”)的信號

$$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos\left(2\pi f_c t + (2i-1)\frac{\pi}{4}\right), \qquad i = 1, 2, 3, 4$$

$$= \sqrt{E_b}\,d_I(t)\cdot\sqrt{\frac{2}{T_s}}\cos(2\pi f_c t) - \sqrt{E_b}\,d_Q(t)\cdot\sqrt{\frac{2}{T_s}}\sin(2\pi f_c t)$$

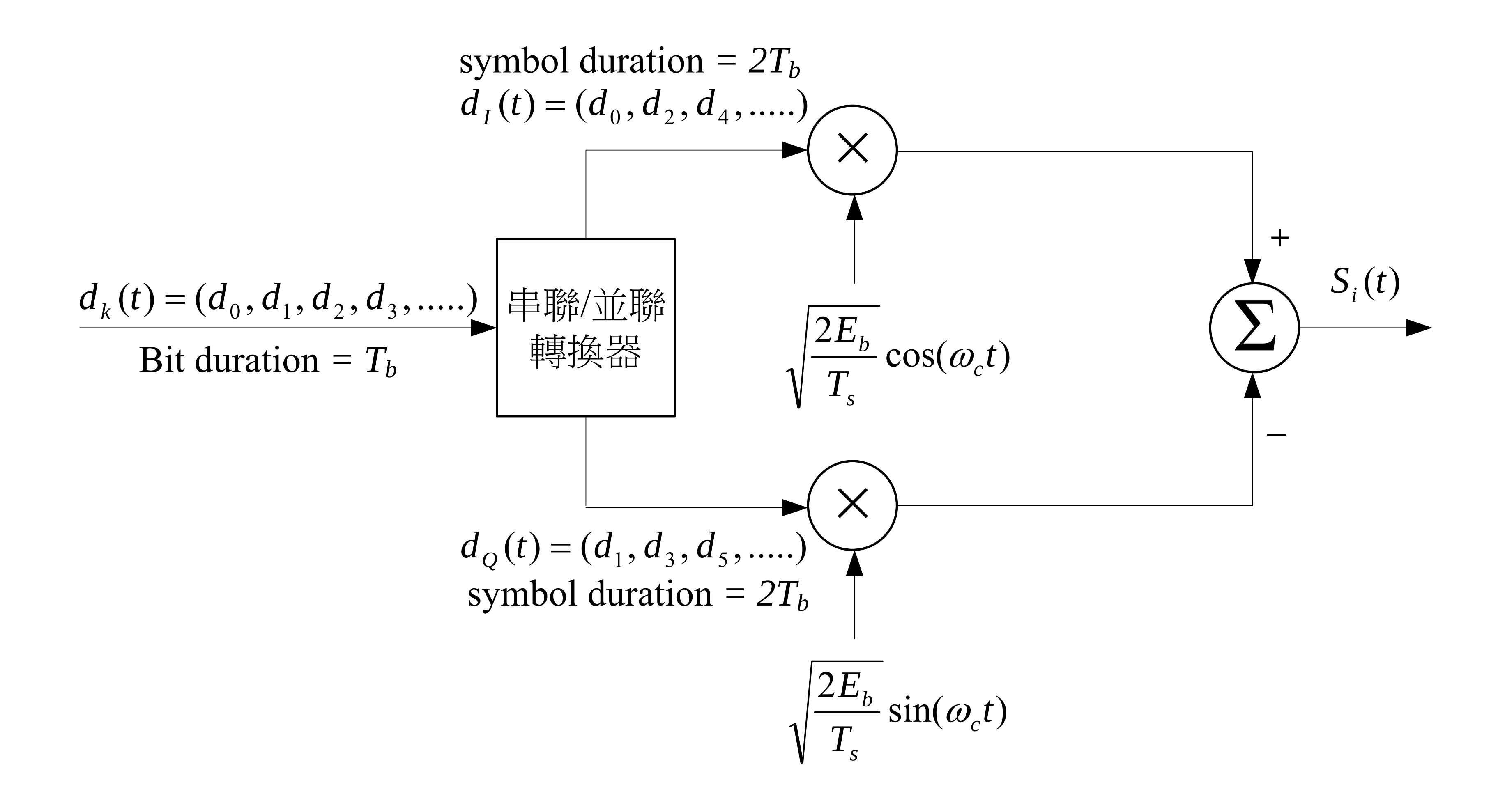
其中，T_s為訊號$S_i(t)$一個符元(symbol)的時間，

E_s為訊號$S_i(t)$一個符元(symbol)的能量，

傳送的資料：$(d_I, d_Q) \in \{(1,1), (1,-1), (-1,-1), (-1,1)\}$

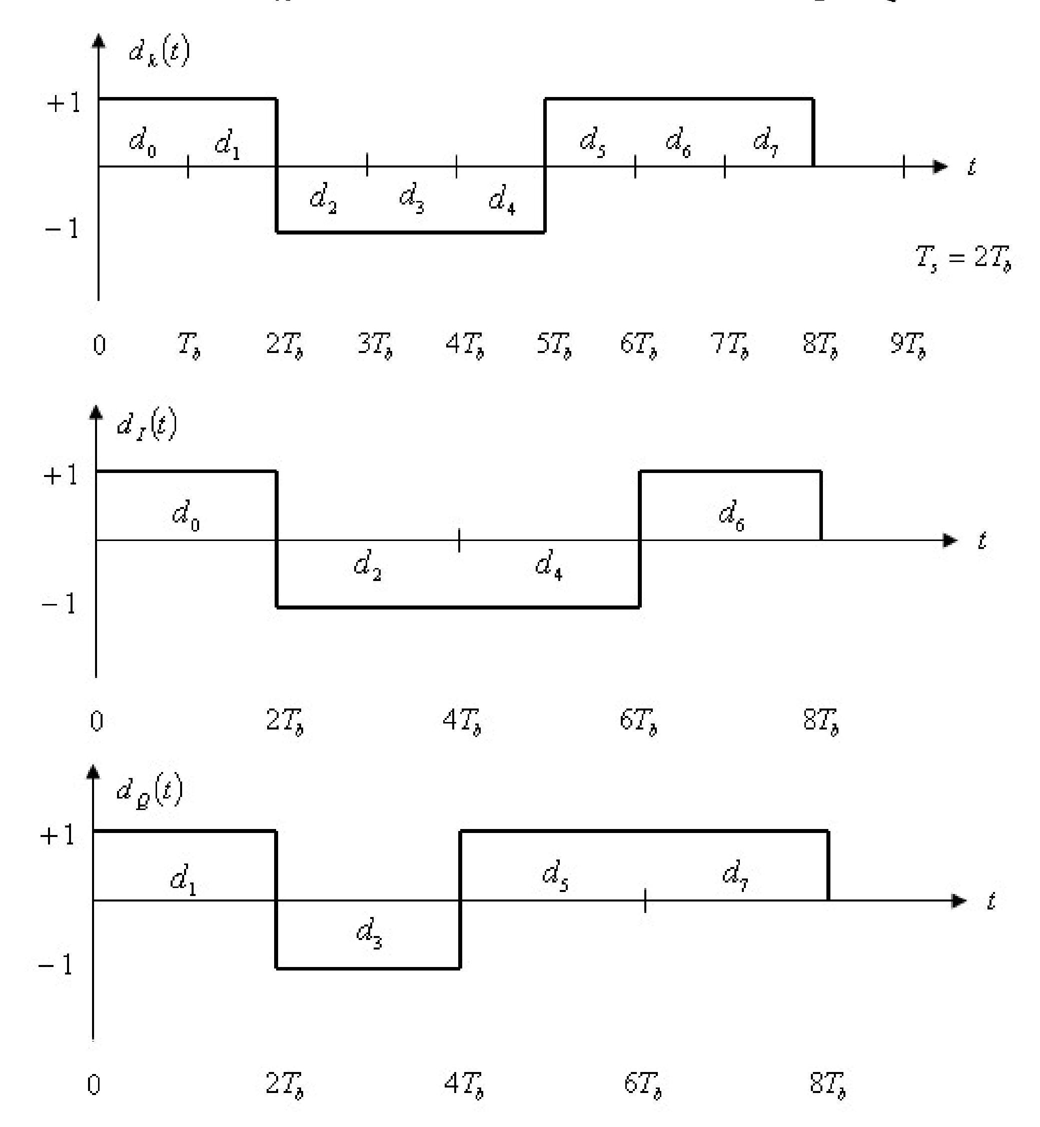
QPSK 的調變

- QPSK的調變



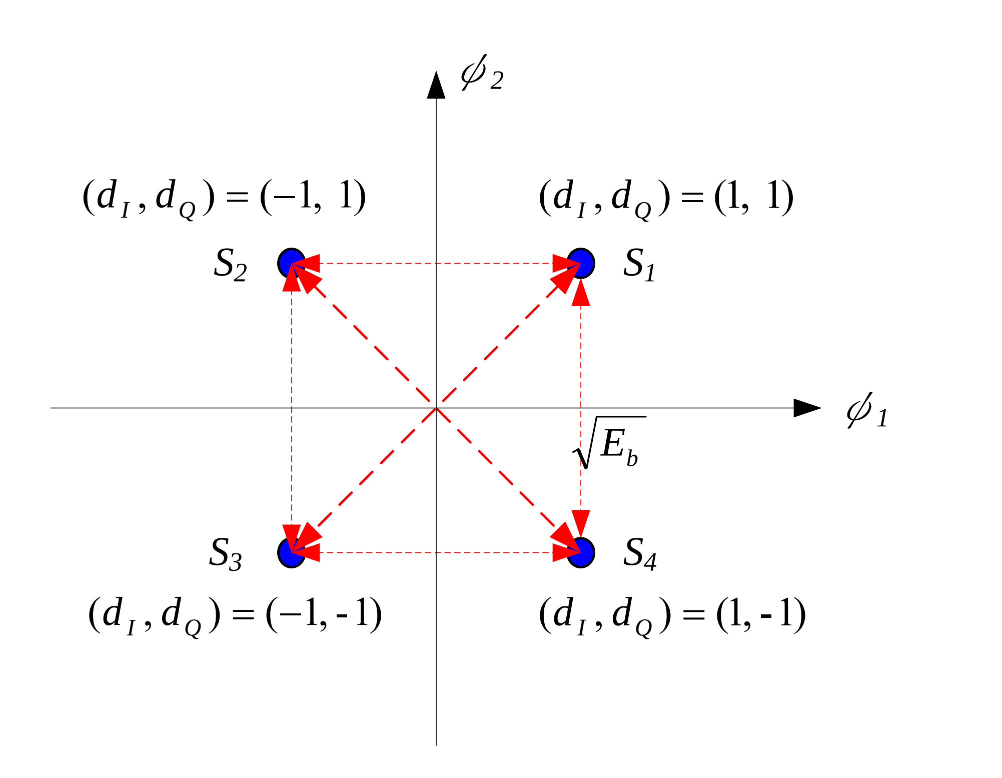
QPSK 的訊號波型

- 原始的資料串d_k經過串聯並聯轉換為(d_I, d_Q)



QPSK 的訊號空間

- 訊號空間圖 (signal space)



$$\phi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}}\cos(w_c t)$$

$$\phi_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}}\sin(w_c t)$$

$$S_1(t) = \sqrt{E_b}\phi_1(t) + \sqrt{E_b}\phi_2(t)$$

$$S_2(t) = -\sqrt{E_b}\phi_1(t) + \sqrt{E_b}\phi_2(t)$$

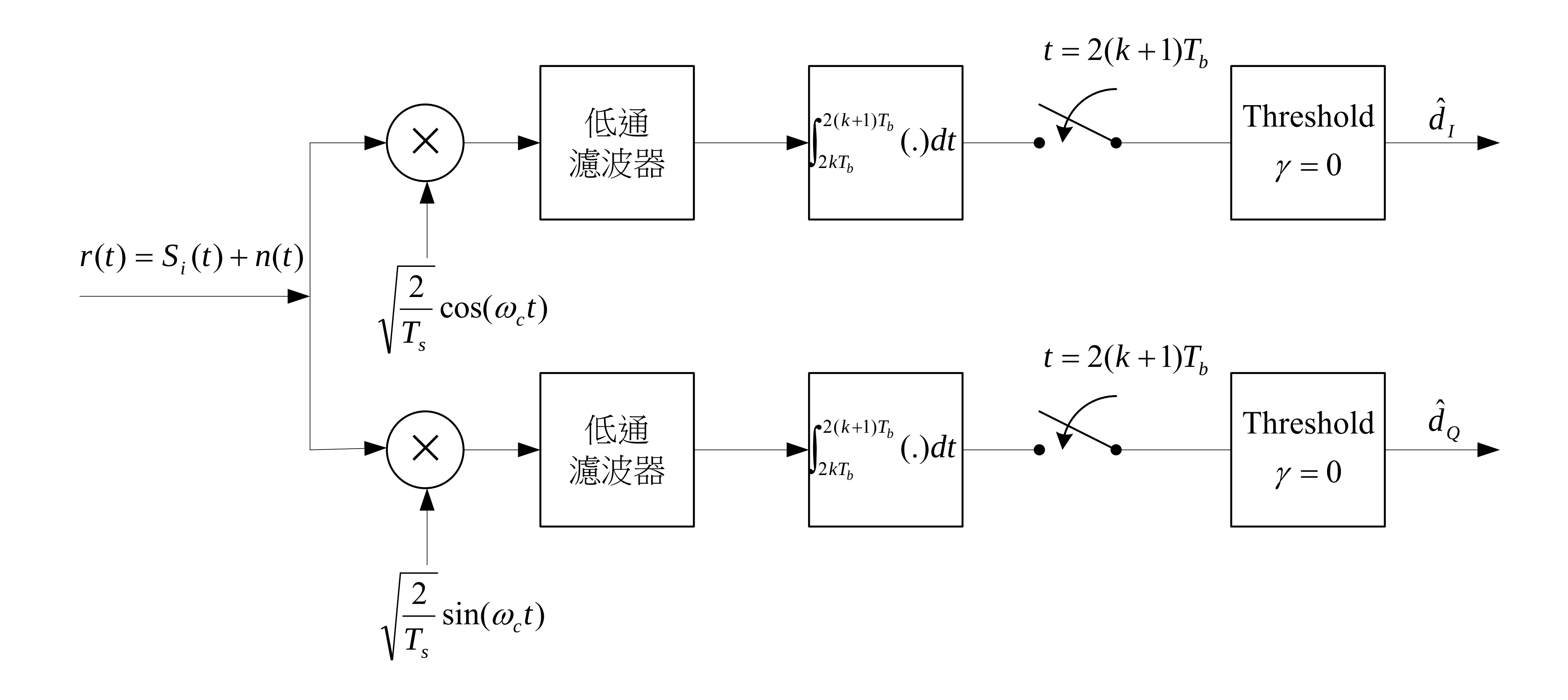
$$S_3(t) = -\sqrt{E_b}\phi_1(t) - \sqrt{E_b}\phi_2(t)$$

$$S_4(t) = \sqrt{E_b}\phi_1(t) - \sqrt{E_b}\phi_2(t)$$

- 在d_I及d_Q的切換瞬間可能有 $0, \pm 90^\circ$, or 180° 的相位變化，而180° 的相位變化會造成非線性失真的問題。

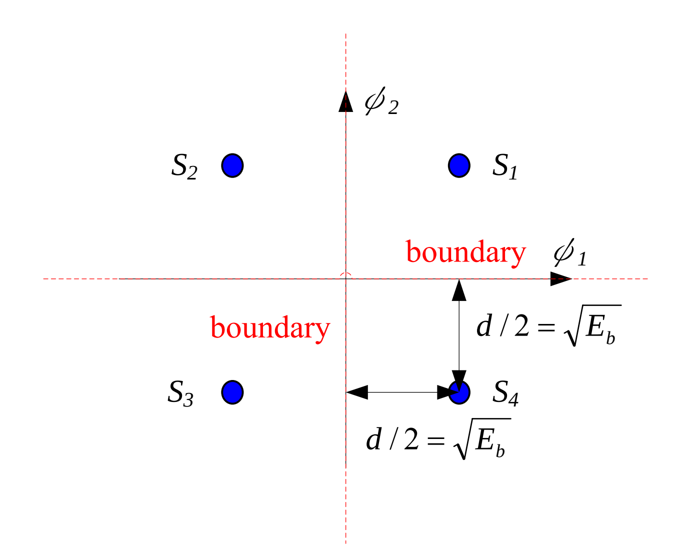
QPSK 的同調(coherent)解調

- QPSK的同調(coherent)解調



同調QPSK的性能

- 訊號點$S_i(t)$到邊界的距離為 $d/2=\sqrt{E_b}$



- 在AWGN環境下，傳送$S_i(t)$ ，同調解調正確的機率為

$$P\langle correct|S_i\rangle = P\left(\text{noise } n_x < \frac{d}{2}\right) \text{ and } P\left(\text{noise } n_y < \frac{d}{2}\right)$$

$$= \int_{-\infty}^{\frac{d}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_0^2}} dx \cdot \int_{-\infty}^{\frac{d}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_0^2}} dy$$

$$= \left[1 - Q\left(\frac{\frac{d}{2}}{\sigma_0}\right)\right]^2 = \left[1 - Q\left(\frac{\sqrt{E_b}}{\sqrt{\frac{N_0}{2}}}\right)\right]^2$$

同調QPSK的性能(續)

- 假設傳送$S_i(t)$的機率都一樣大(equally likely)，同調解調 QPSK的正確機率為

$$P[correct]=\sum_{i=1}^{4}P\langle correct\,|\,S_i\rangle P(S_i)=P\langle correct\,|\,S_i\rangle$$

- 同調 QPSK的符元(symbol)錯誤率為 $P_s=1-P[correct]$

$$=1-\left[1-Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)\right]^2$$

$$=2Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)-\left[Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)\right]^2$$

$$\approx 2Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)=2Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right)$$

- 同調 QPSK的位元(bit)錯誤率為 $P_B=\frac{1}{2}P_s\approx Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$

最小位移鍵調變(MSK)

- 最小位移鍵調變(Minimum shift keying, MSK)的信號

$$S(t)=\sqrt{\frac{2E_b}{T_s}}d_I(t)\cdot\cos\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right)\cdot\cos(2\pi f_c t)-\sqrt{\frac{2E_b}{T_s}}d_Q(t)\cdot\sin\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right)\cdot\sin(2\pi f_c t)$$

$$=\sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos[2\pi f_c t+\theta(t)]$$

$$=\sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos\left[\left[2\pi\left(f_c\pm\frac{1}{4T_b}\right)t+x_k\right]\right]$$

其中，

$$\theta(t)=\tan^{-1}\left[\frac{d_Q(t)\cdot\sin\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right)}{d_I(t)\cdot\cos\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right)}\right]=\tan^{-1}\left[\frac{d_Q(t)}{d_I(t)}\cdot\tan\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right)\right]$$

$$=\begin{cases}\frac{\pi t}{2T_b}+x_k & \text{if} \quad d_Q(t)=d_I(t)\\ -\frac{\pi t}{2T_b}+x_k & \text{if} \quad d_Q(t)=-d_I(t)\end{cases}$$

$$x_k=\begin{cases}0 & \text{if} \quad d_I(t)=1\\ \pi & \text{if} \quad d_I(t)=-1\end{cases}$$

MSK訊號

- 最小位移鍵調變(MSK)的信號可表示為

$$S(t)=\sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos[2\pi f_c t+\theta(t)]$$

所以MSK可以視為PSK信號。

- 最小位移鍵調變(MSK)的信號也可表示為

$$S(t)=\sqrt{\frac{2E_s}{T_s}}\cos\left[\left[2\pi\left(f_c\pm\frac{1}{4T_b}\right)t+x_k\right]\right]$$

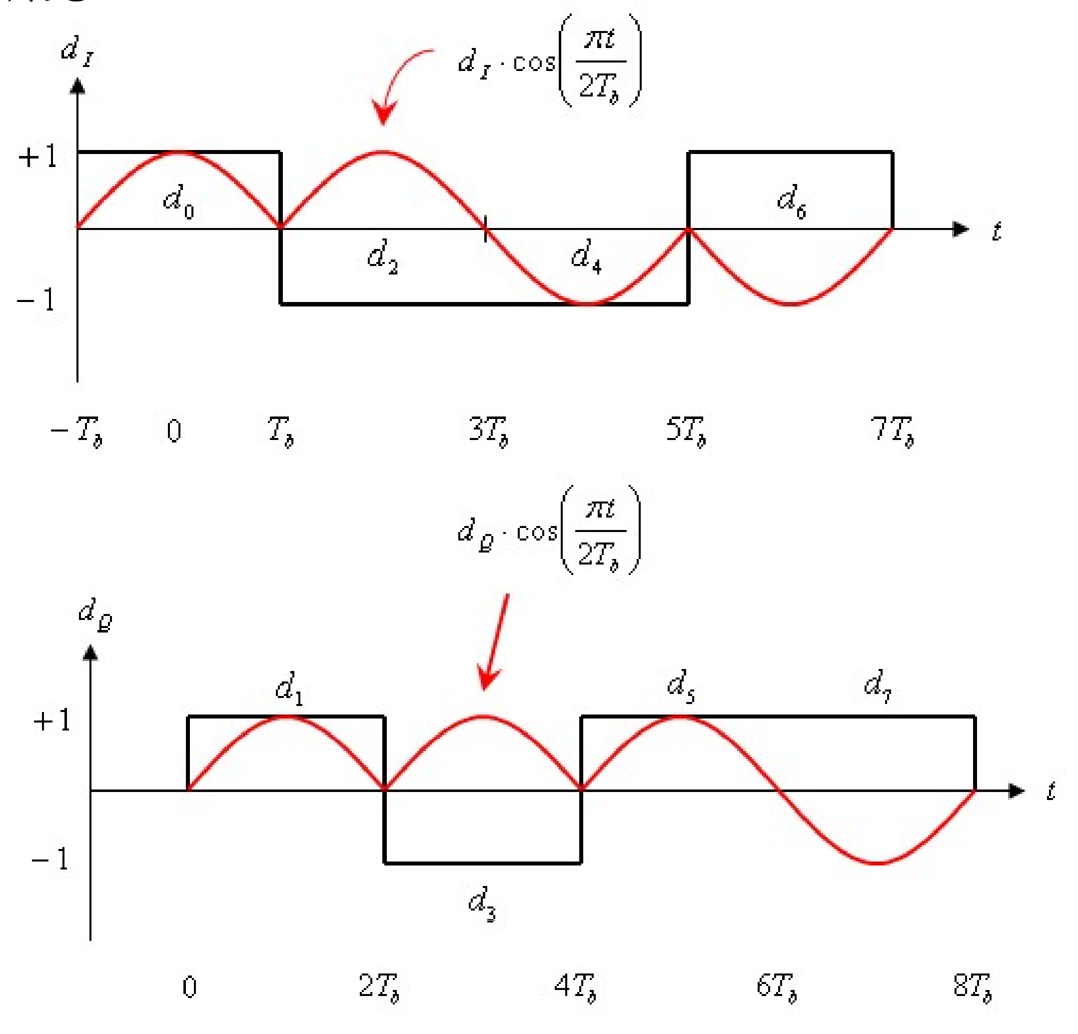
因此MSK也可以視為相位連續變化的FSK信號，頻率差為

$$\Delta f=\left(f_c+\frac{1}{4T_b}\right)-\left(f_c-\frac{1}{4T_b}\right)=\frac{1}{2T_b}$$

是滿足FSK同調正交(coherently orthogonal)的最小頻率間隔(frequency spacing)。

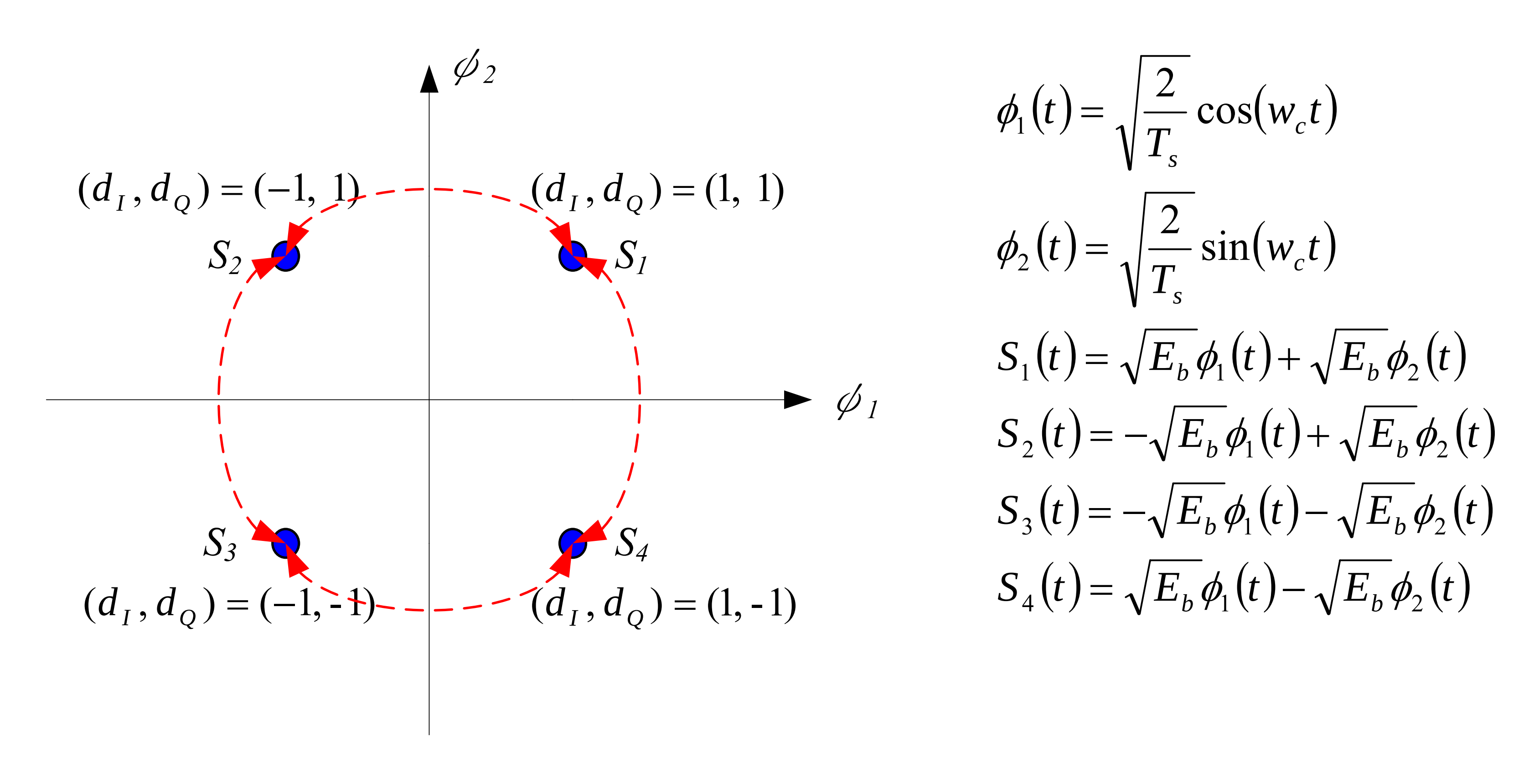
MSK的基頻波型

- MSK與OQPSK的差別是把d_I乘以cos(π*t*/2*Tb*)而且d_Q乘以sin(π*t*/2*Tb*) ，使得相位產生連續的變化，以避免d_I與d_Q在切換瞬間產生瞬時的相位變化，節省所需的傳輸頻寬。



MSK 的訊號空間

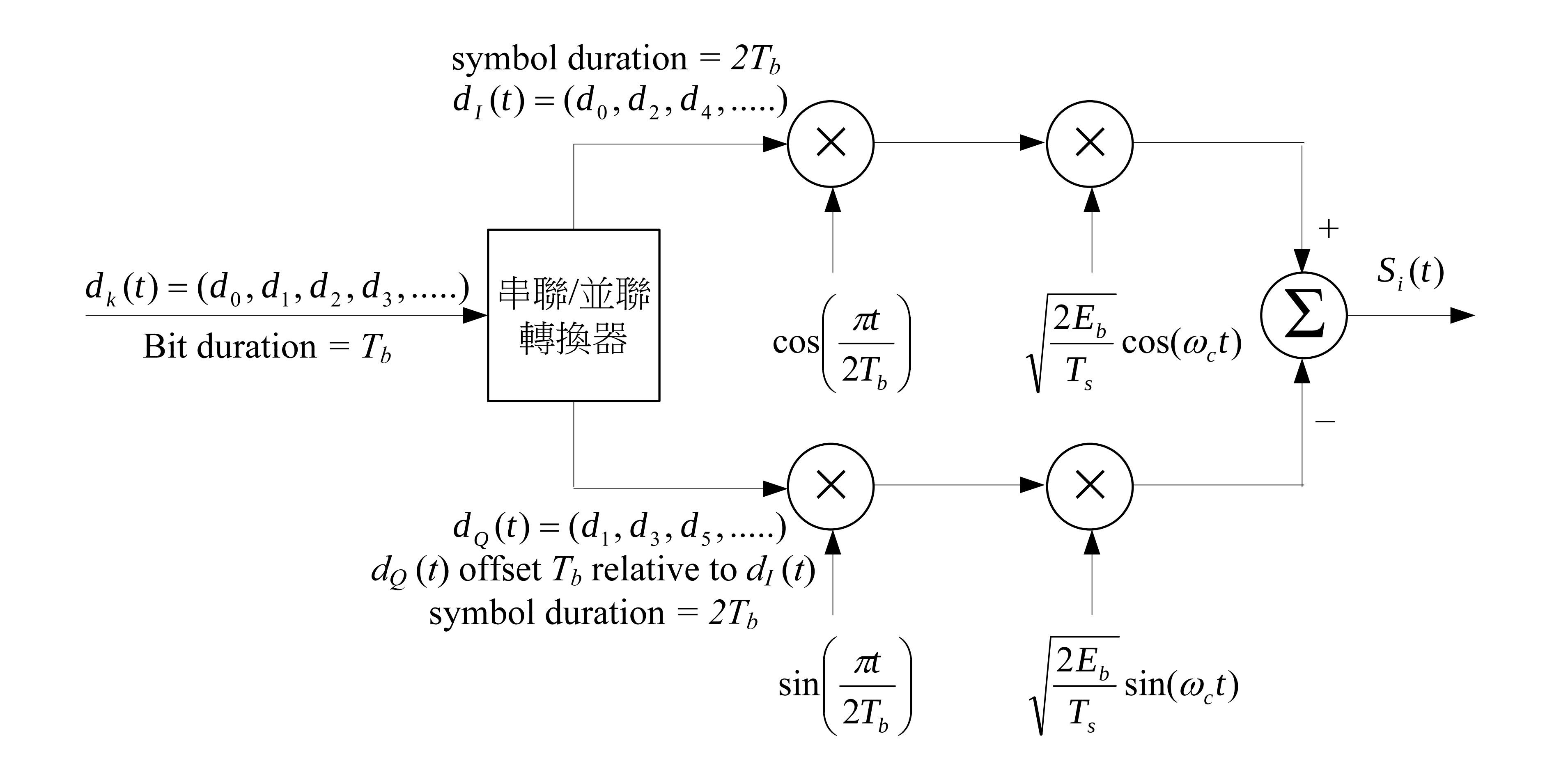
- 訊號空間圖 (signal space)



- 在訊號點S_i的移動過程中，相位是連續的變化。

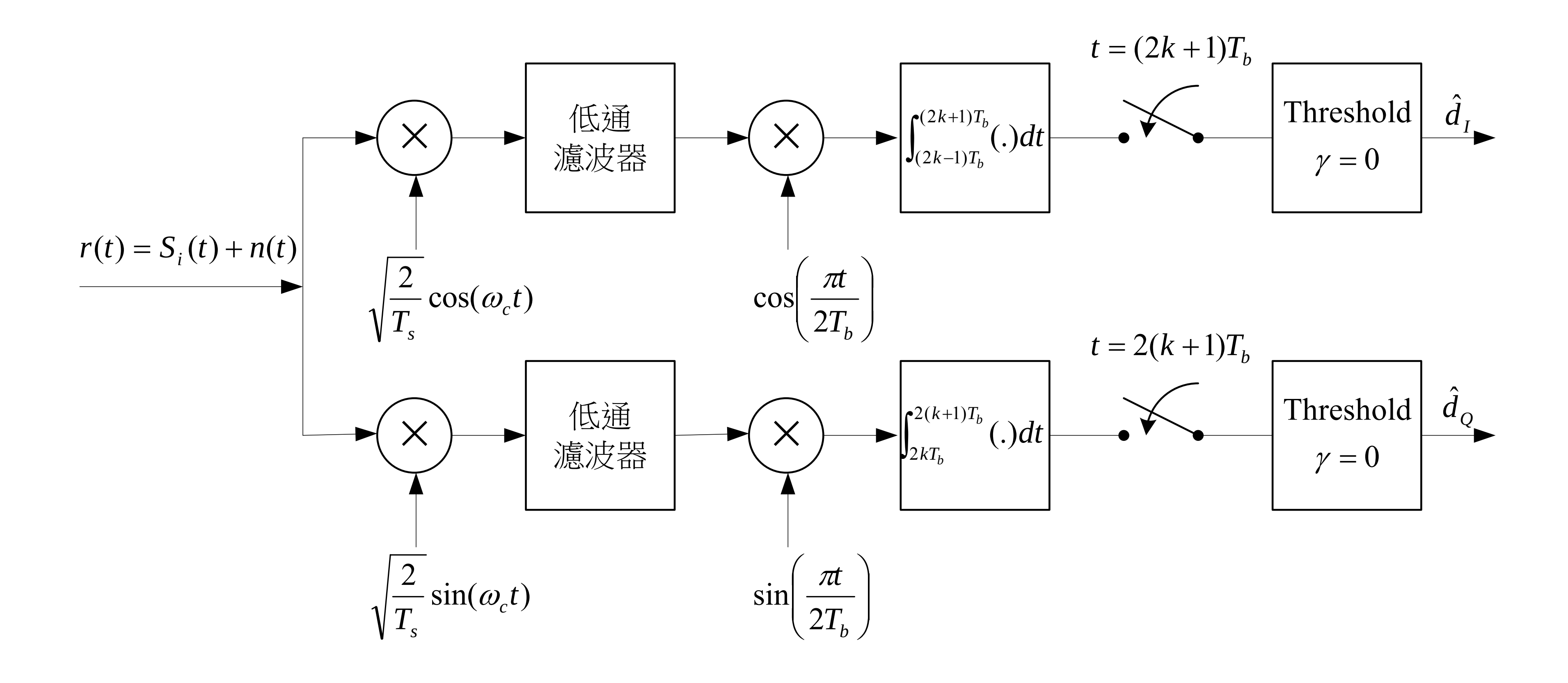
MSK 的調變

- MSK的調變



MSK 的同調(coherent)解調

- MSK的同調(coherent)解調



同調MSK的性能

- 若把MSK視為PSK信號，在AWGN環境下使用最佳的PSK解調器，假設傳送$S_i(t)$的機率都一樣大(equally likely)，同調 MSK與BPSK, QPSK及OQPSK具有相同的位元錯誤率

$$P_B \approx Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

- 若把MSK視為FSK信號來解調，在AWGN環境下使用最佳的FSK解調器，假設傳送$S_i(t)$的機率都一樣大(equally likely)，同調 MSK的位元錯誤率為

$$P_B = Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

QPSK, MSK的功率頻譜密度

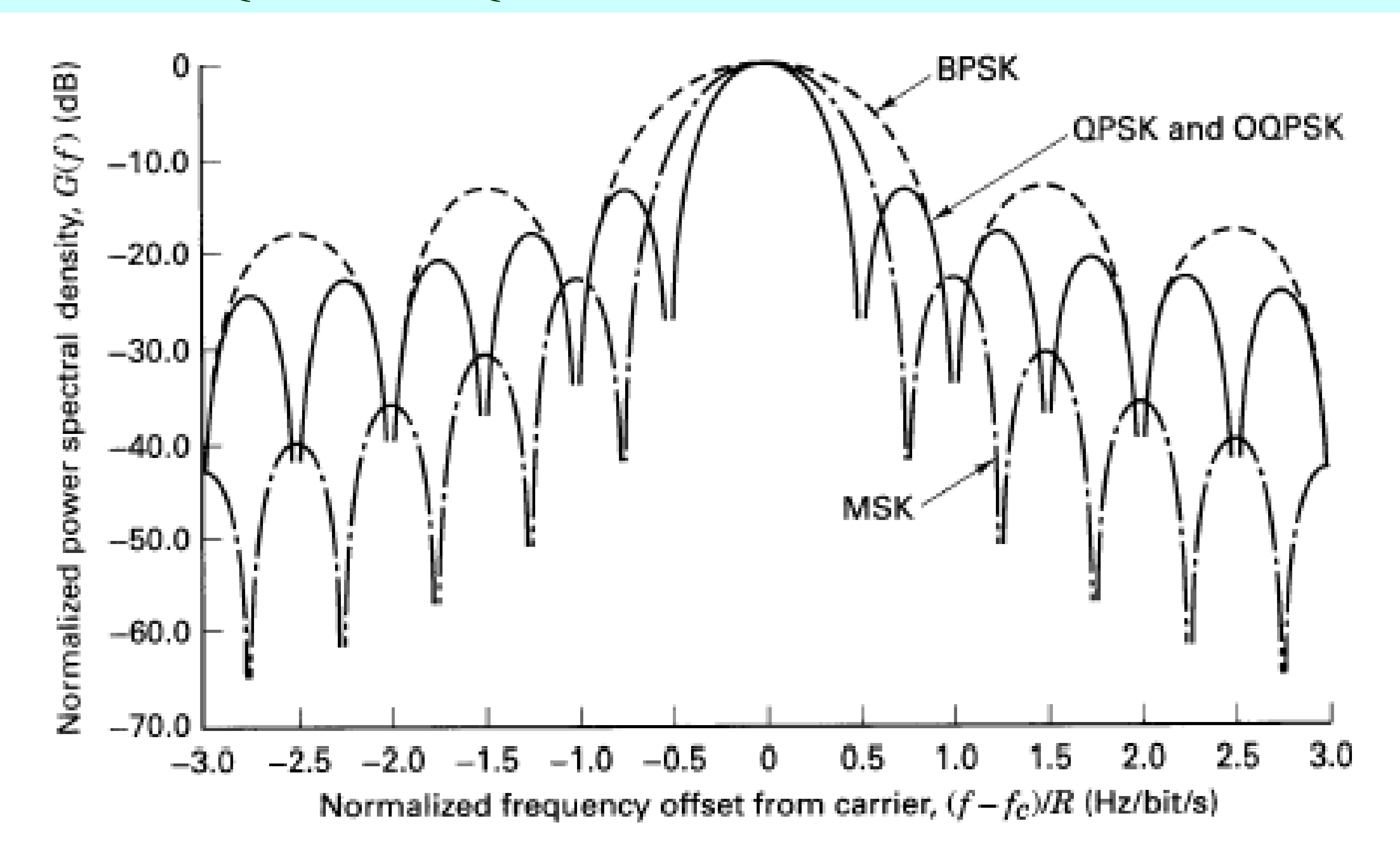
- QPSK的功率頻譜密度(power spectral density)為

$$G(f) = 2pT_b \left(\frac{\sin 2\pi f T_b}{2\pi f T_b} \right)^2$$

- MSK的功率頻譜密度(power spectral density)為

$$G(f) = \frac{16pT_b}{\pi^2} \left(\frac{\cos 2\pi f T_b}{1 - 16 f^2 T_b^2} \right)^2$$

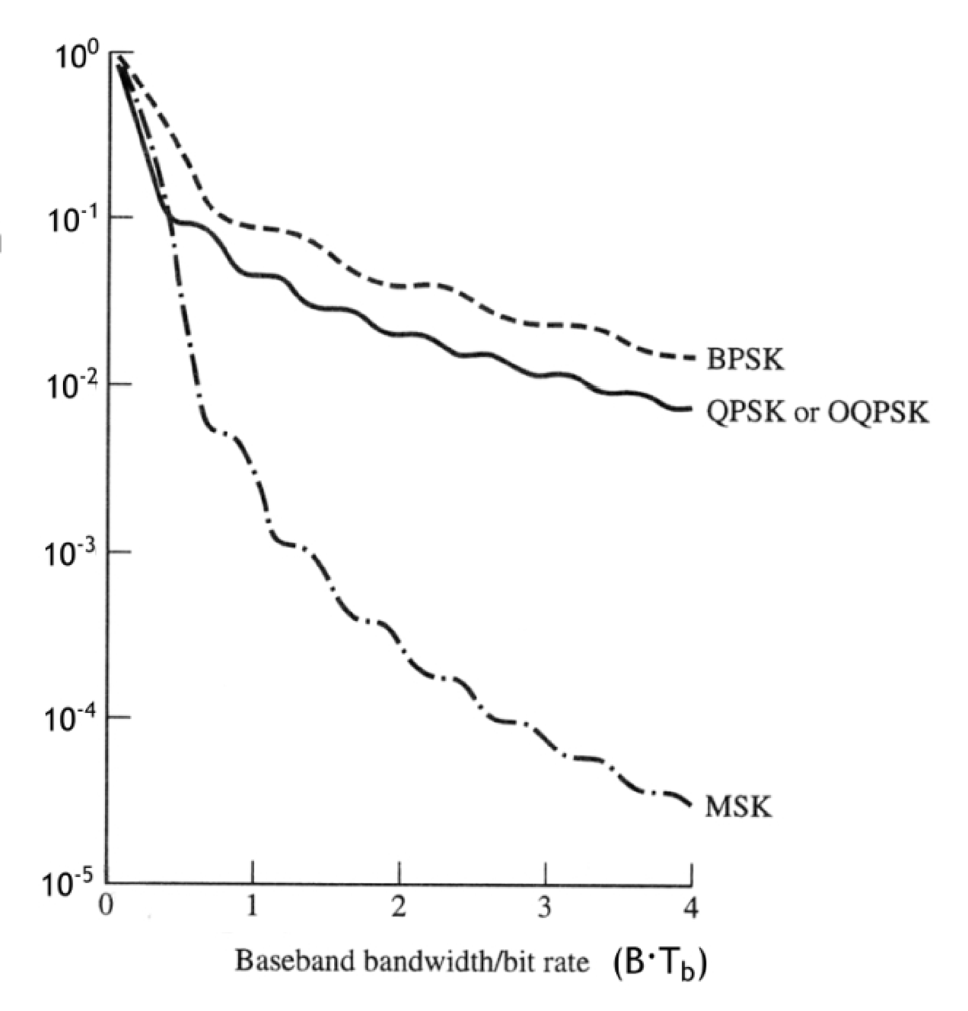
BPSK, QPSK, OQPSK, MSK的功率頻譜密度



1985 Prentice-Hall, Inc., R. E. Ziemer and R. L. Peterson,
Digital Communications and Spread Spectrum Systems.

QPSK, OQPSK, MSK的頻寬外功率百分比

Percertage power
outside bandwidth



1985 Prentice-Hall, Inc., R. E. Ziemer and R. L. Peterson,
Digital Communications and Spread Spectrum Systems.

第一实验實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）

First：可以查看simulink的仿真图，在文件夹里。

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

實驗步驟

- 觀察QPSK, MSK的波形及頻譜的差異：
- 步驟-1：
  - M-PSK Modulator Baseabnd：是一種數位的相位調變，可產生有M種的相位變化。當M=4時，可依據基頻的QPSK調變處理原始訊號。
  - MSK Modulator Baseband：是一種數位的相位調變，為一種CPFSK (Continuous Phase FSK)訊號。其相位變化為線性增加或減少90度，故相位僅有四種可能0度、90度、180度及270度。
  - 複數與實數間的轉換：使用Complex to Real-Imag元件可將原本的複數轉成實數與虛數兩部份；由於Scope只能單看一維訊號，所以需藉此元件轉成實數一維與虛數一維，在輸入到Scope。
  - 複數與實數間的轉換：使用Complex to Real-Imag元件將可原本的複數轉成實數與虛數兩部份；由於Scope只能單看一維訊號，所以需藉此元件轉成實數一維與虛數一維，再輸入到Scope
  - 觀看訊號的頻域響應：使用Spectrum Scope來觀看調變後訊號的頻率響應，利用FFT（快速傅立葉轉換）將時域訊號轉到頻譜上，其中FFT長度為128。
  - 建立示波器來觀看訊號：使用Scope來觀看時域訊號，此實驗將觀到BPSK、QPSK、MSK調變後訊號。

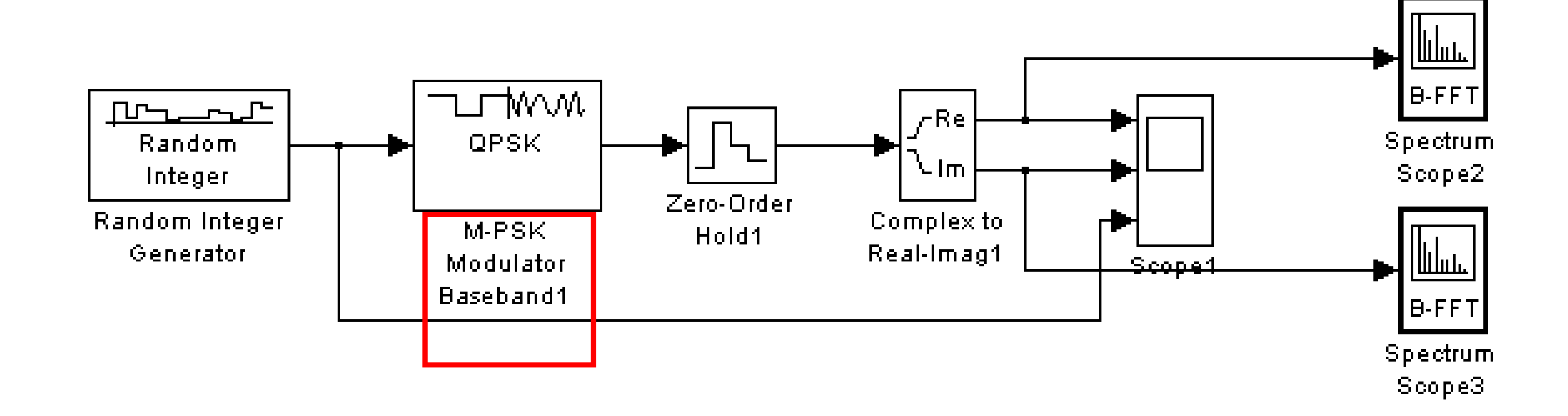
實驗步驟

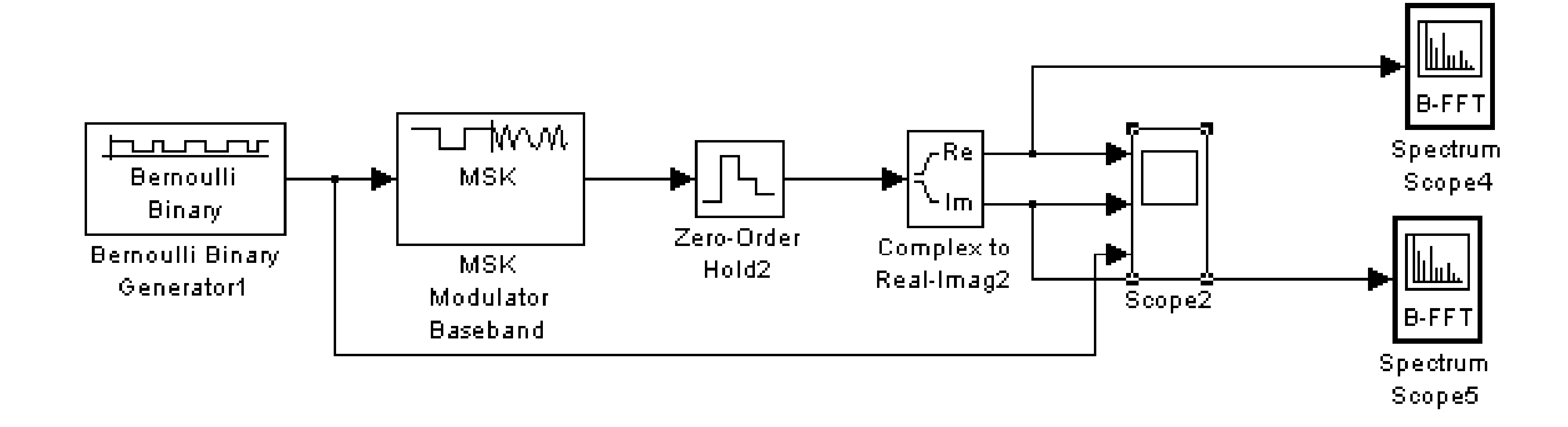
- 步驟-2：
  - 開啟MATLAB\Simulink Browser 。
  - 開新檔案 。
  - 在simulink元件庫找尋需要元件拖移自工作視窗：

1. Simulink Blockset \ Math Operations \ Complex to Real-Imag
2. Simulink Blockset \Sinks\Scope
3. Signal Processing Blockset \ Signal Processing Sinks\Spectrum Scope
4. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ PM\M-PSK Modulator Baseband
5. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ CPM \ MSK Modulator Baseband
6. Communications Blockset \ Comm Sources \ Random Data Sources \ Random Integer Generator
7. Communications Blockset \ Comm Sources \ Random Data Sources \ Bernoulli Binary Generator
8. Simulink Blockset \ Discrete \ Zero-Order Hold

實驗步驟

- 步驟-3：所有元件在工作視窗排列整齊。





實驗步驟

- 步驟-4：設定各元件參數值。

  1. Random Integer Generator

     M-ary number：輸入整數數值產生的範圍，設定為4

     Initial seed：設定亂數產生的依據，設定為37

     Sample time：取樣時間，設定為 1

     Frame-based output：以frame格式輸出，設定為不勾選

     Samples per frame：每個frame的取樣數目

     Output data type：數值輸出的資料型態，設定為double

  2. Bernoulli Binary Generator

     Probability of a zero：0出現的機率，設定為 0.5。

     Initial seed：設定亂數產生的依據，設定為 61

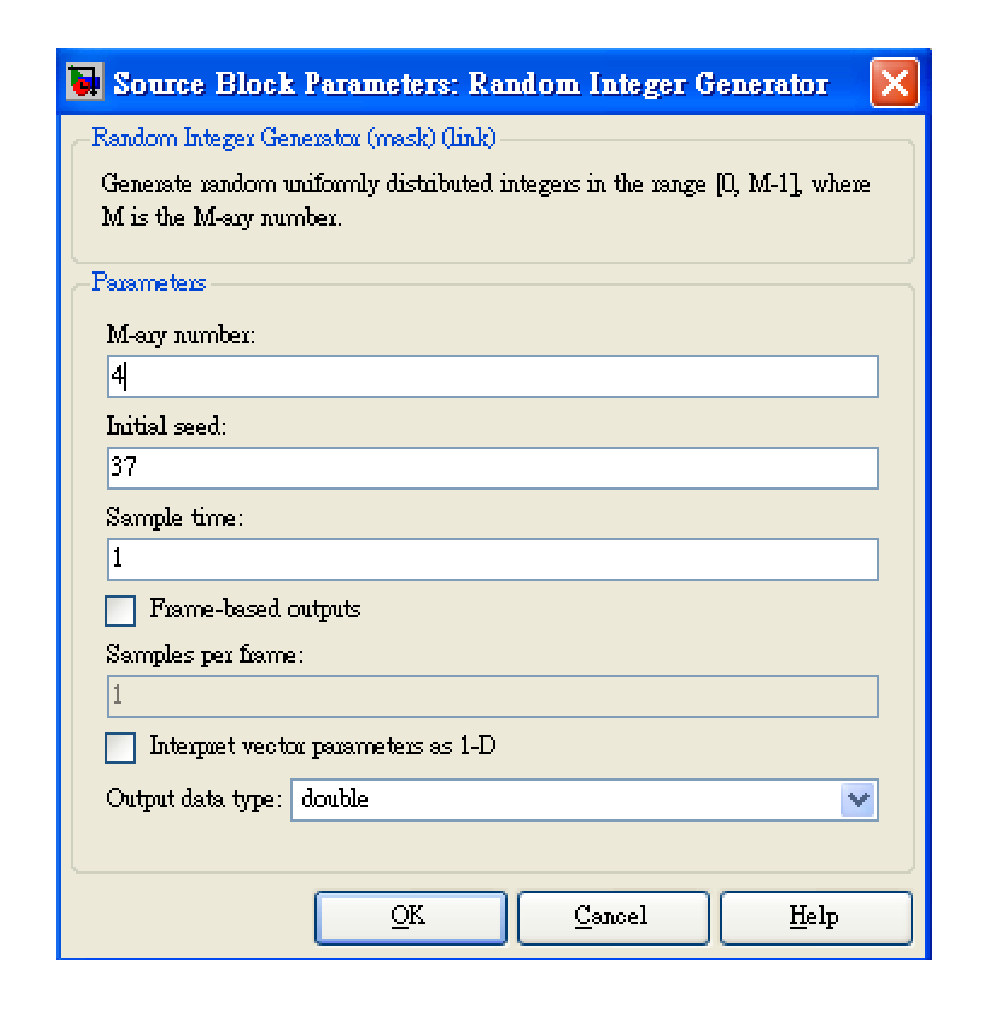
     Sample time：取樣時間，設定為 1

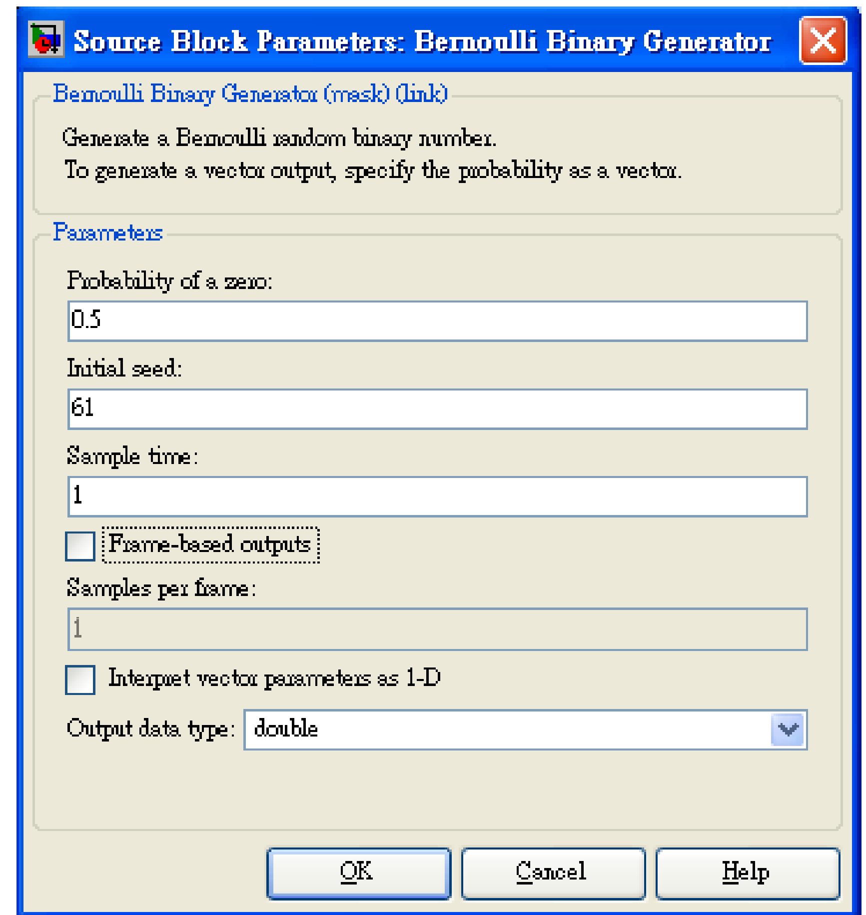
     Frame-base output：以frame格式輸出，設定為不勾選。

     Sample per frame：每個frame的取樣數。

     Output data type：輸出的資料型態，設定為double。

實驗步驟


Source Block Parameters: Random Integer Generator
Random Integer Generator (mask) (link)
Generate random uniformly distributed integers in the range [0, M-1], where M is the M-ary number.
Parameters
M-ary number:
4
Initial seed:
37
Sample time:
1
Frame-based outputs
Samples per frame:
1
Interpret vector parameters as 1-D
Output data type:
double
OK
Cancel
Help


Source Block Parameters: Bernoulli Binary Generator
Bernoulli Binary Generator (mask) (link)
Generate a Bernoulli random binary number.
To generate a vector output, specify the probability as a vector.
Parameters
Probability of a zero:
0.5
Initial seed:
61
Sample time:
1
Frame-based outputs
Samples per frame:
1
Interpret vector parameters as 1-D
Output data type:
double
OK
Cancel
Help

實驗步驟

3. M-PSK Modulator Baseband

M-ary number：設定調變階數，設定為 4

Input type：輸入資料型態，設定為Integer

Constellation ordering：資料在IQ座標上的對應位置，設定為Binary

Phase offset(red)：調變相位偏移量，設定為pi/4

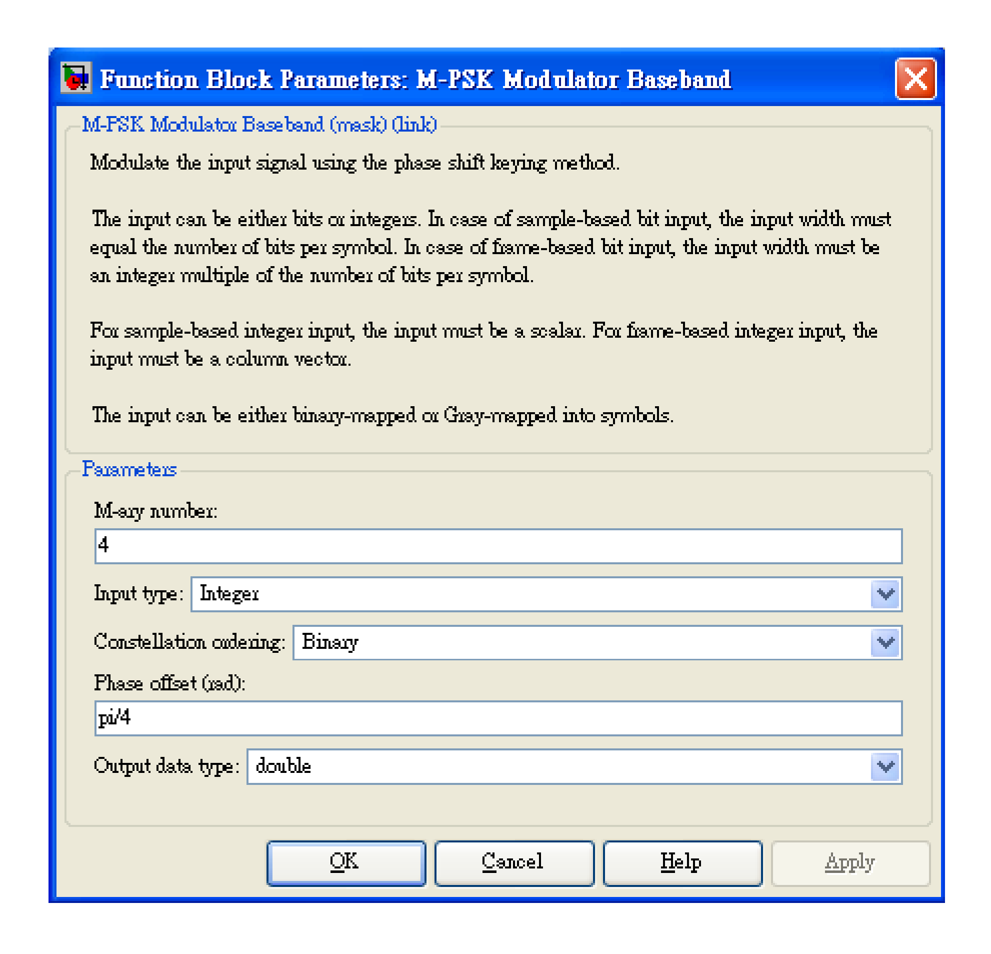
Output data type：輸出資料的型態，設定為double

4. Zero-order Hold

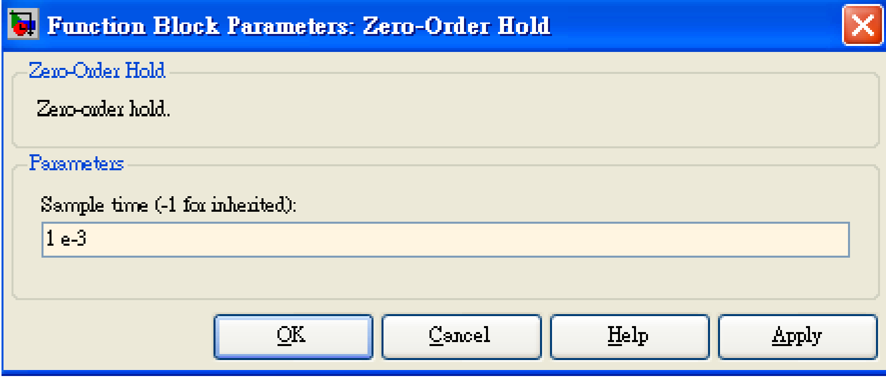
Zero-order Hold1、Zero-order Hold2使用相同設定

Sample time：取樣時間，設定為le-3

實驗步驟



Function Block Parameters: M-PSK Modulator Baseband
M-PSK Modulator Baseband (mask) (link)
Modulate the input signal using the phase shift keying method.
The input can be either bits or integers. In case of sample-based bit input, the input width must equal the number of bits per symbol. In case of frame-based bit input, the input width must be an integer multiple of the number of bits per symbol.
For sample-based integer input, the input must be a scalar. For frame-based integer input, the input must be a column vector.
The input can be either binary-mapped or Gray-mapped into symbols.
Parameters
M-ary number:
4
Input type:
Integer
Constellation ordering:
Binary
Phase offset (rad):
pi/4
Output data type:
double
OK
Cancel
Help
Apply



Function Block Parameters: Zero-Order Hold
Zero-Order Hold
Zero-order hold.
Parameters
Sample time (-1 for inherited):
1 e-3
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

5. MSK Modulator Baseband

   Input type：輸入資料格式，設定為 Bit

   Phase offset：調變相位偏移量，設定為 0

   Samples per symbol：每個symbol要被取樣的數目，設定為 16

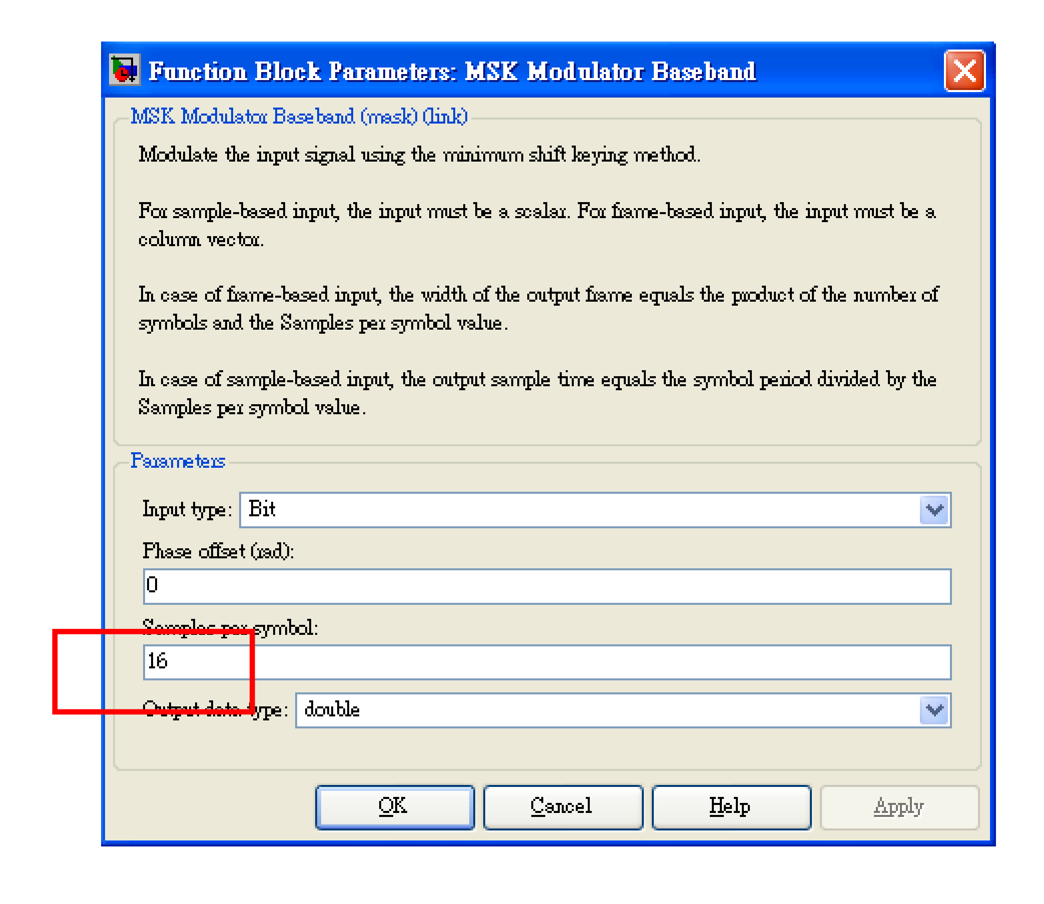
   Output data type：輸出的資料型態，設定為 double

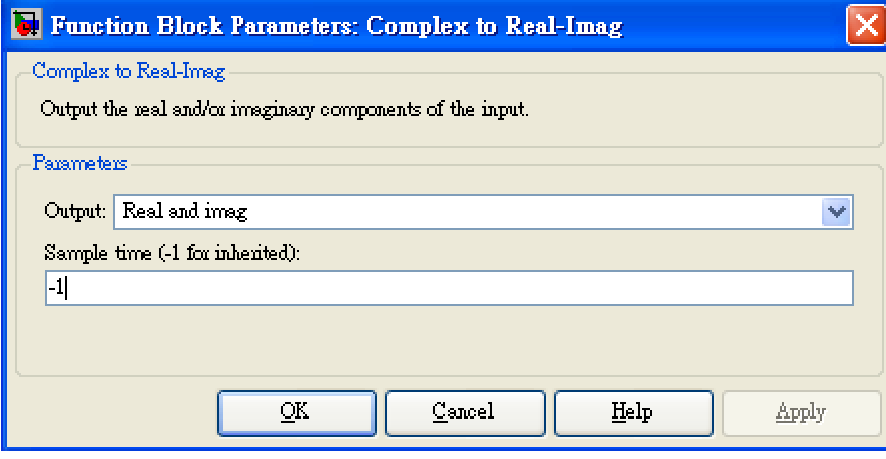
6. Complex to Real-Imagl

   Complex to Real-Imagl 、Complex to Real-Imag2 使用相同設定

   Sample time：取樣時間，設定為-1

實驗步驟

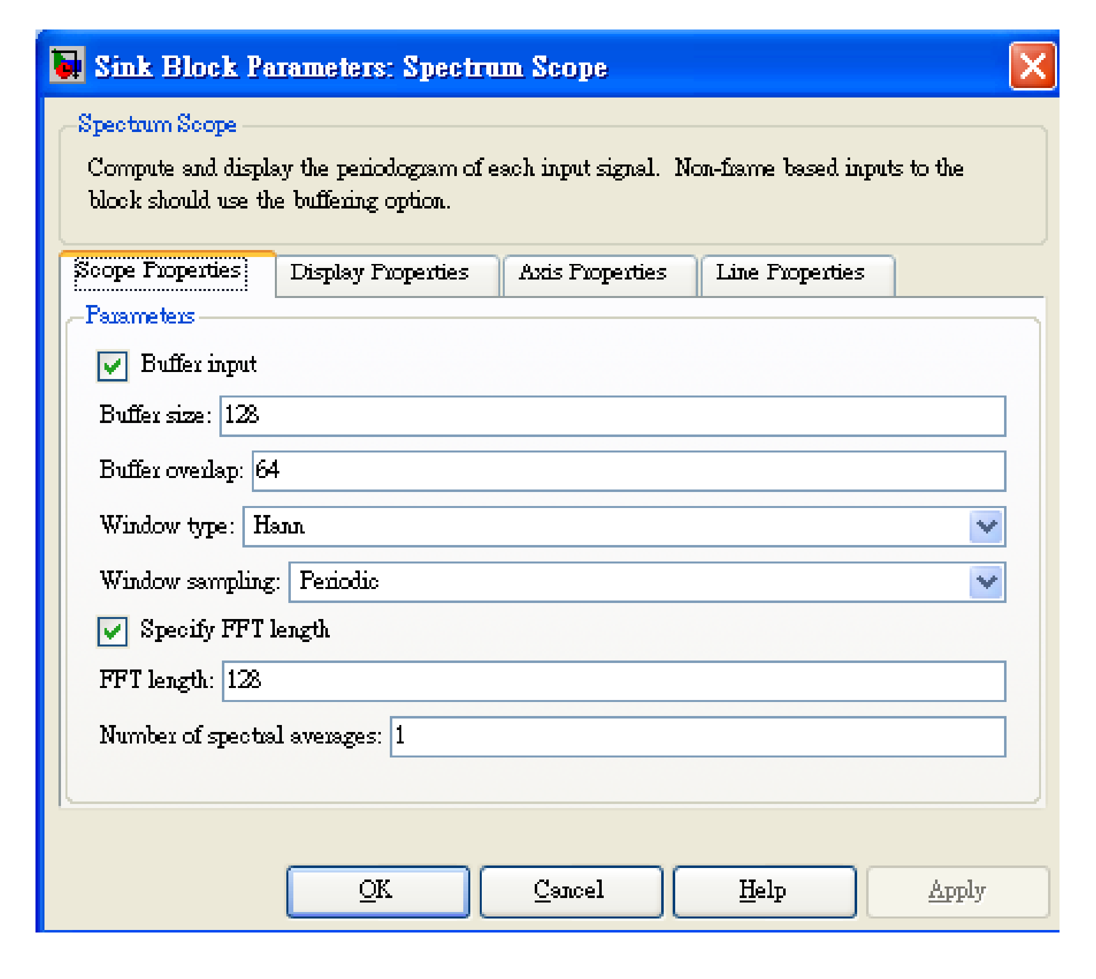

Function Block Parameters: MSK Modulator Baseband
MSK Modulator Baseband (mask) (link)
Modulate the input signal using the minimum shift keying method.
For sample-based input, the input must be a scalar. For frame-based input, the input must be a column vector.
In case of frame-based input, the width of the output frame equals the product of the number of symbols and the Samples per symbol value.
In case of sample-based input, the output sample time equals the symbol period divided by the Samples per symbol value.
Parameters
Input type: Bit
Phase offset (rad):
0
Samples per symbol:
16
Output data type: double
OK
Cancel
Help
Apply

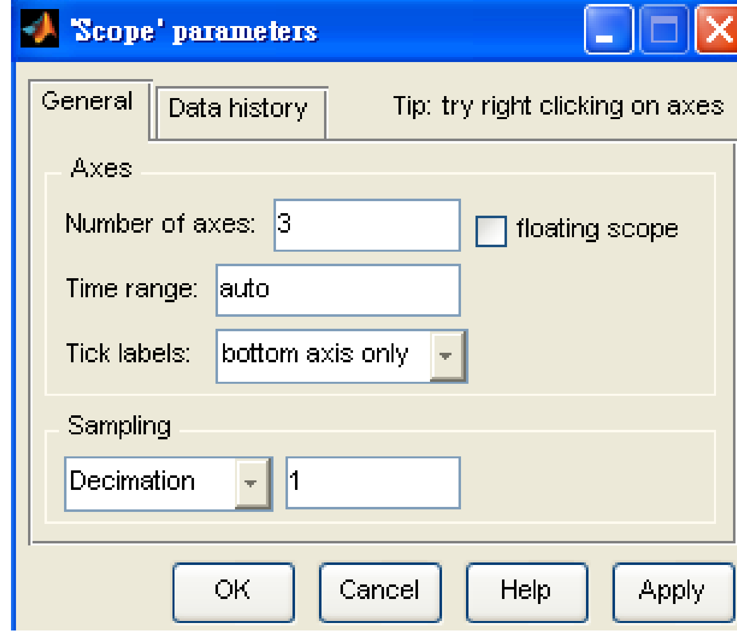

Function Block Parameters: Complex to Real-Imag
Complex to Real-Imag
Output the real and/or imaginary components of the input.
Parameters
Output: Real and imag
Sample time (-1 for inherited):
-1
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

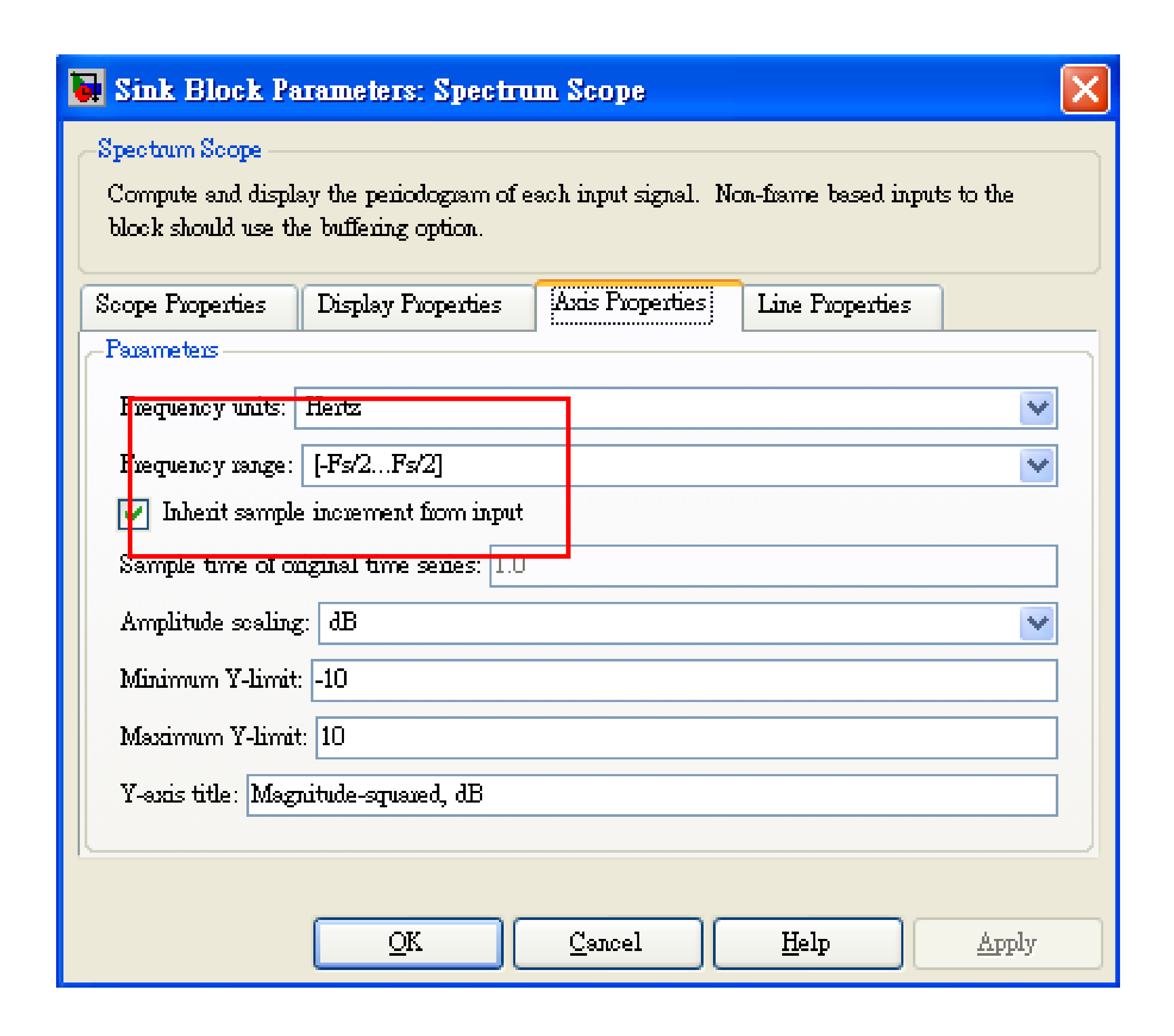
7. Spectrum Scope
   Spectrum Scope1、Spectrum Scope2 使用相同設定
   Buffer input：將訊號儲存做頻譜分析，設定為打勾
   Buffer size：設定累積的資料量，設定為128
   Buffer overlap：連續buffer重疊的樣本數量，設定為64
   Window type：window處理方式，設定為Periodic
   Specify FTP length：是否設定訊號做FFT資料量，設定為打勾
   FFT length：訊號做傅立葉轉換的資料量，設定為128
   Number of spectral averages：頻譜平均的數量，設定為 1
8. Scope
   Scope1、Scope2 使用相同設定
   Numbet of axes：視窗數量，設定為 3
9. Axis Properties
   Frequency unit：頻率單位，設定為Hertz
   Frequency range：設定顯示頻率範圍，設定為-FS/2...FS/2
   其他部分使用預設值

實驗步驟


Sink Block Parameters: Spectrum Scope
Spectrum Scope
Compute and display the periodogram of each input signal. Non-frame based inputs to the block should use the buffering option.
Scope Properties
Display Properties
Axis Properties
Line Properties
Parameters
Buffer input
Buffer size: 128
Buffer overlap: 64
Window type: Hann
Window sampling: Periodic
Specify FFT length
FFT length: 128
Number of spectral averages: 1
OK
Cancel
Help
Apply

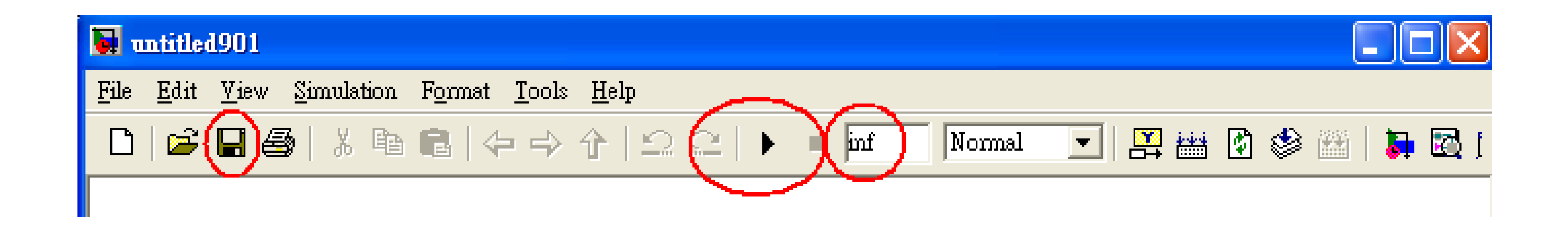

'Scope' parameters
General
Data history
Tip: try right clicking on axes
Axes
Number of axes: 3
floating scope
Time range: auto
Tick labels: bottom axis only
Sampling
Decimation
1
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟


Sink Block Parameters: Spectrum Scope
Spectrum Scope
Compute and display the periodogram of each input signal. Non-frame based inputs to the block should use the buffering option.
Scope Properties
Display Properties
Axis Properties
Line Properties
Parameters
Frequency units: Hertz
Frequency range: [-Fs/2...Fs/2]
Inherit sample increment from input
Sample time of original time series: 1.0
Amplitude scaling: dB
Minimum Y-limit: -10
Maximum Y-limit: 10
Y-axis title: Magnitude-squared, dB
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

- 步驟-5：設定完所有元件參數值，完成元件連線並且存檔。
- 步驟-6：設定Stop time為inf，打開示波器觀察訊號並且按下執行鍵，即可觀察其波形。



實習作業

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

實習作業

- **習題8.1：**

  測量QPSK, MSK系統的錯誤機率，分別在0dB、2.5dB、5dB、7.5dB以及10dB。

實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

实验2
second可以在文件夹下查看仿真文件。mdl

實驗步驟

- 觀察QPSK, MSK調變後的眼圖，訊號空間圖及位元錯誤率
- 步驟-1：
  - 數位調變與數位解調器：(1) QPSK系統使用M=4，M-PSK Modulator Baseband調變，M-PSK Demodulator Baseband來調變。(2) MSK系統使用MSK Modulator Baseband調變，MSK Demodulator Baseband來解調。
  - 模擬高斯白雜訊(AWGN)對於訊號的影響：評估SNR= 0~10db，以了解整體錯誤機率的分布。
  - 錯誤率計算元件(Error Rate Calculation)：由於接收與計算的過程沒有延遲，可將Receive delay與Computation delay設為0，並將傳送資料與解調後的資料提供給此元件做比較，找出錯誤的位元，並使用Display來顯示位元錯誤率。
  - Discrete-Time Scatter Plot：用以觀察訊號在空間上的分布，並給予每次最多觀看40個訊號點，每依個訊號取樣點數為1，更新率每一次顯示時，有10個訊號樣本被更新。

實驗步驟

- 步驟-2：
  - 開啟MATLAB\Simulink Brower。開新檔案。
  - 點選Blocks(模塊)，相關路徑參考如下：

1. Simulink→Sinks→Display
2. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ PM \ M-PSK Modulator Baseband
3. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ PM \ M-PSK Demodulator Baseband
4. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ CPM \ MSK Modulator Baseband
5. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ CPM \ MSK Demodulator Baseband
6. Communications Blockset \ Comm Sources \ Random Data Sources \ Bernoulli Binary Generator

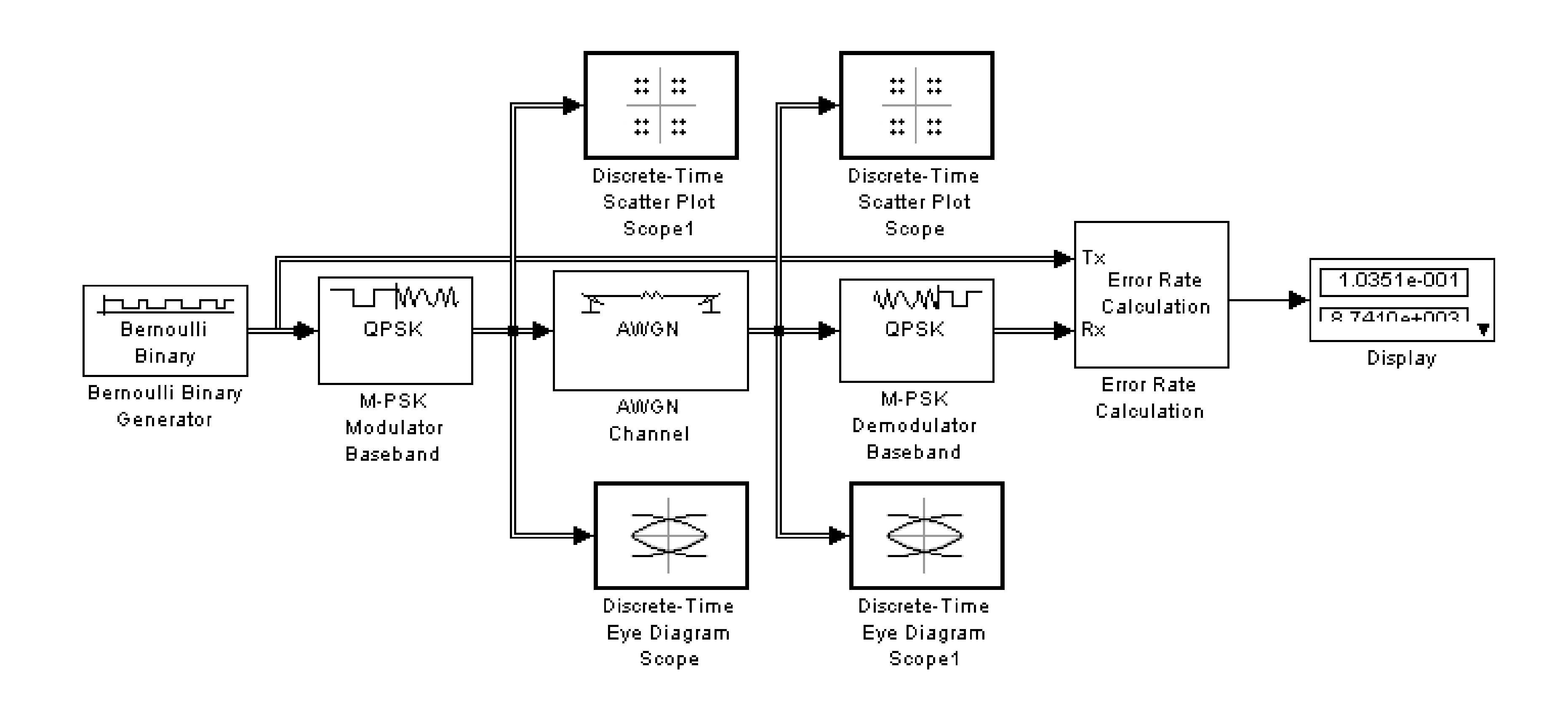
實驗步驟

7. Simulink Blockset \Sinks\Error Rate Calculation
8. Simulink Blockset \Sinks\Discrete-Time Scatter Plot Scope
9. Simulink Blockset \Sinks\Discrete-Time Eye Diagram Scope

10. Simulink Blockset \Channels\AWGN Channel
    在communication 里面

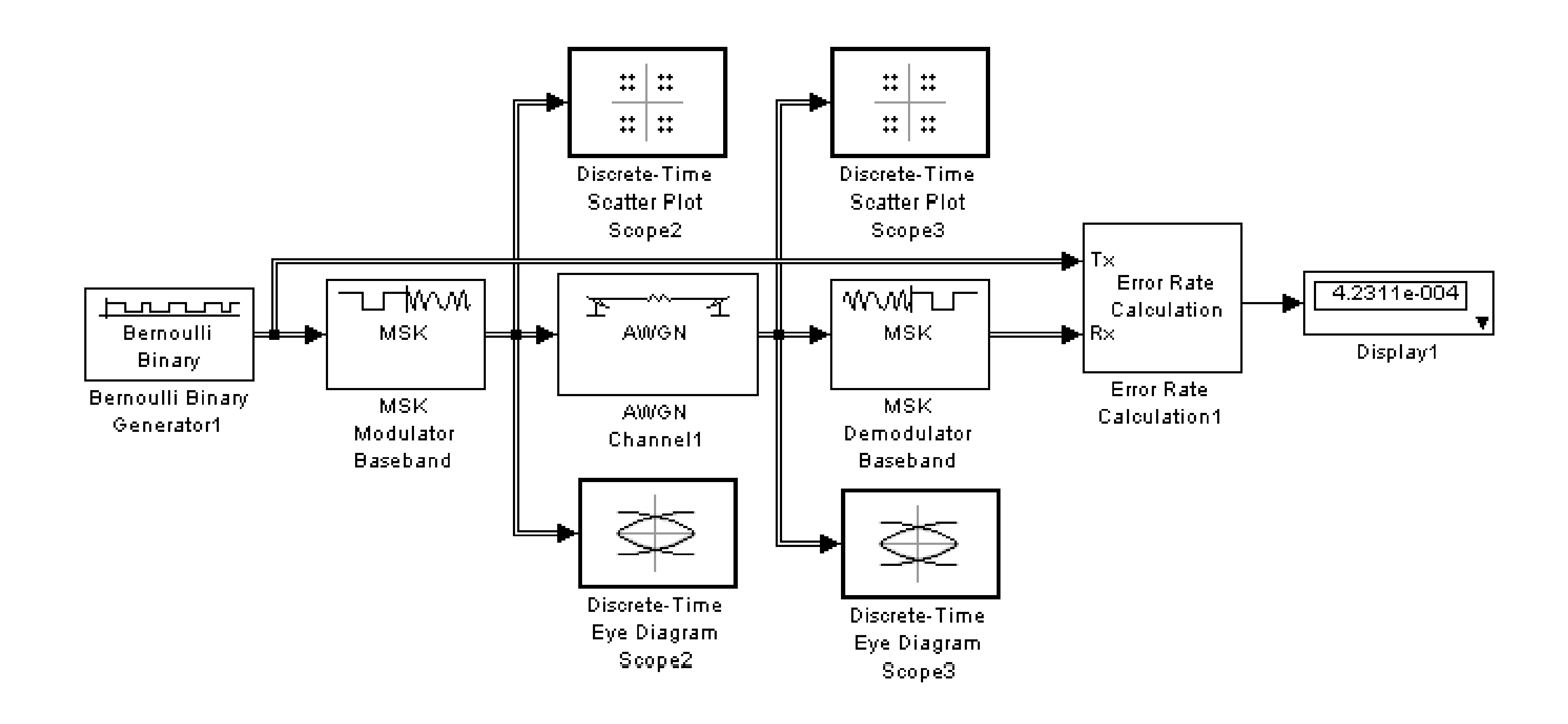
實驗步驟

- 將Blocks(模塊)連結成模組(Model)如下圖：QPSK



實驗步驟

- 將Blocks(模塊)連結成模組(Model)如下圖：MSK



實驗步驟

- 步驟-3：模組參數值設定

  1. Bernoulli Binary Generator

  - Probability of a zero ： 0出現的機率，接設定為 0.5
  - Initial seed ：設定亂數產生的依據，接設定為 61
  - Sanple time ： 取樣時間，Bernoulli Binary Generator1，設定為 0.5
    Bernoulli Binary Generator2，設定為 1
  - Frame-base output ：以frame格式輸出，接設定為勾選
  - Samples per frame：每個Frame的取樣數，接設定為 2
  - Output data type：輸出的資料型態，接設定為 double

實驗步驟

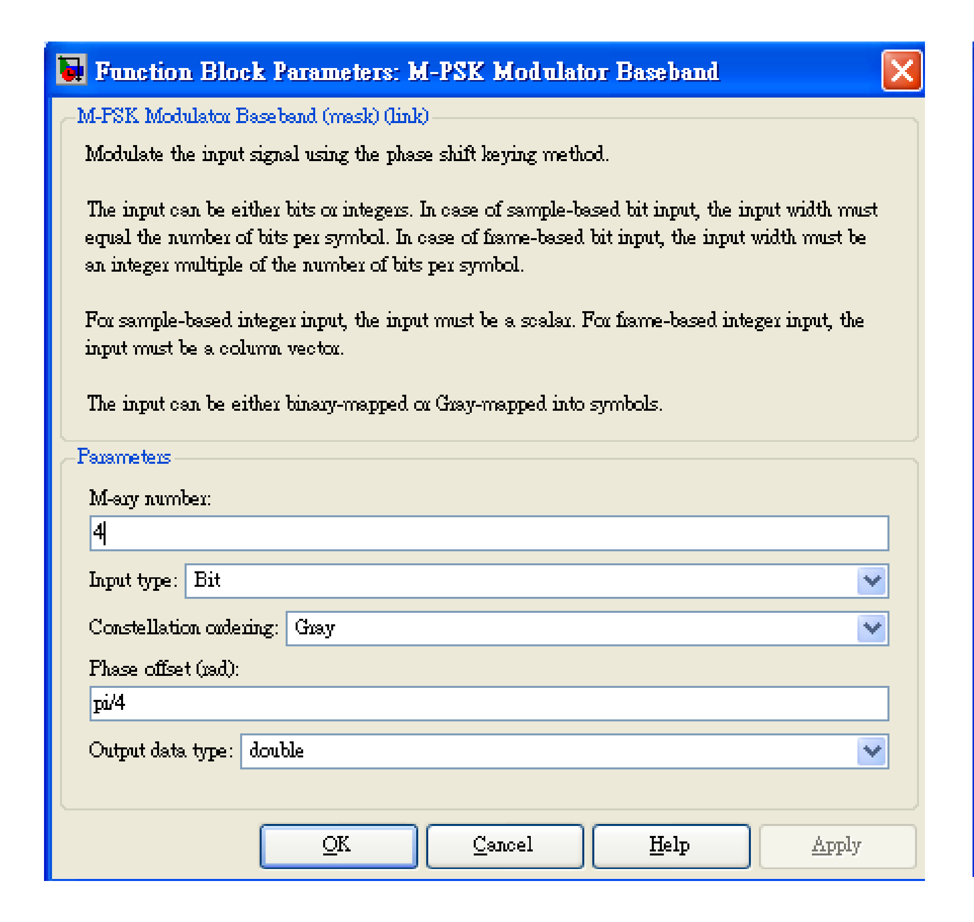
2. M-PSK Modulator Baseband

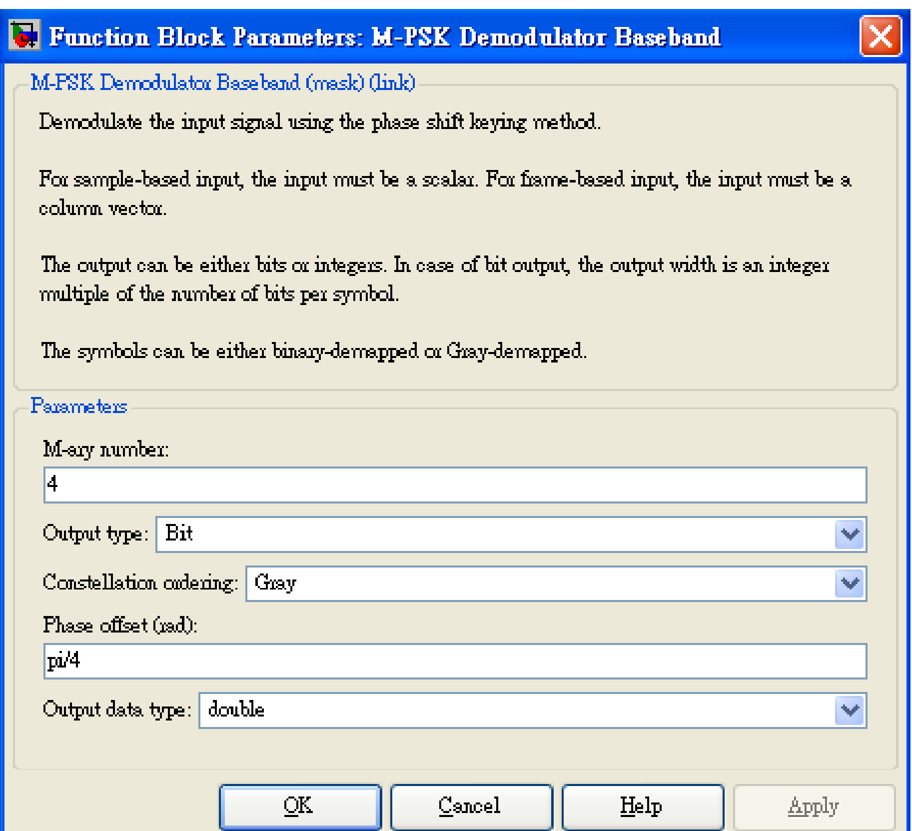
- M-ary number：設定調變階數，設定為 4
- Input type：輸入資料型態，設定為 Bit
- Constallation ordering：資料在IQ座標上的對應位置，設定為 Gray
- Phase offset(red)：調變向位偏移量，設定為 pi/4
- Output data type：輸出資料的型態，設定為 double

3. M-PSK Demodulator Baseband

- M-ary number：設定為調變階數，設定為 4
- Input type：輸入資料型態，設定為 Bit
- Constellation ordering：資料在IQ座標上的對應位置，設定為 Gray
- Phase offset(red)：調變相位偏移量，設定為 pi/4
- Output data type：輸出資料的型態，設定為 double

實驗步驟


Function Block Parameters: M-PSK Modulator Baseband
M-PSK Modulator Baseband (mask) (link)
Modulate the input signal using the phase shift keying method.
The input can be either bits or integers. In case of sample-based bit input, the input width must equal the number of bits per symbol. In case of frame-based bit input, the input width must be an integer multiple of the number of bits per symbol.
For sample-based integer input, the input must be a scalar. For frame-based integer input, the input must be a column vector.
The input can be either binary-mapped or Gray-mapped into symbols.
Parameters
M-ary number:
4
Input type: Bit
Constellation ordering: Gray
Phase offset (rad):
pi/4
Output data type: double
OK
Cancel
Help
Apply


Function Block Parameters: M-PSK Demodulator Baseband
M-PSK Demodulator Baseband (mask) (link)
Demodulate the input signal using the phase shift keying method.
For sample-based input, the input must be a scalar. For frame-based input, the input must be a column vector.
The output can be either bits or integers. In case of bit output, the output width is an integer multiple of the number of bits per symbol.
The symbols can be either binary-demapped or Gray-demapped.
Parameters
M-ary number:
4
Output type: Bit
Constellation ordering: Gray
Phase offset (rad):
pi/4
Output data type: double
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

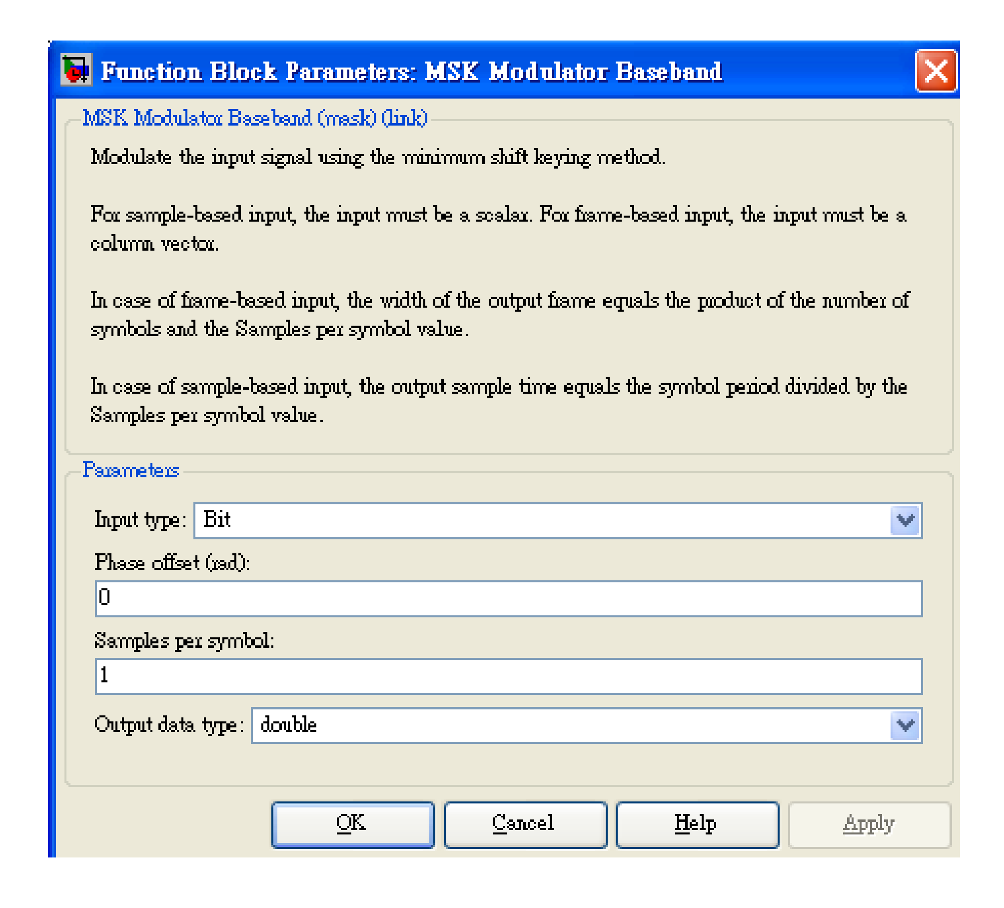
4. MSK Modulator Baseband

- Input type：輸入資料格式，設定為 Bit
- Phase offset：調變相位偏移量，設定為 0
- Samples per symbol：每個symbol要被取樣的數目，設定為 1
- Output data type：輸出的資料型態，設定為 double

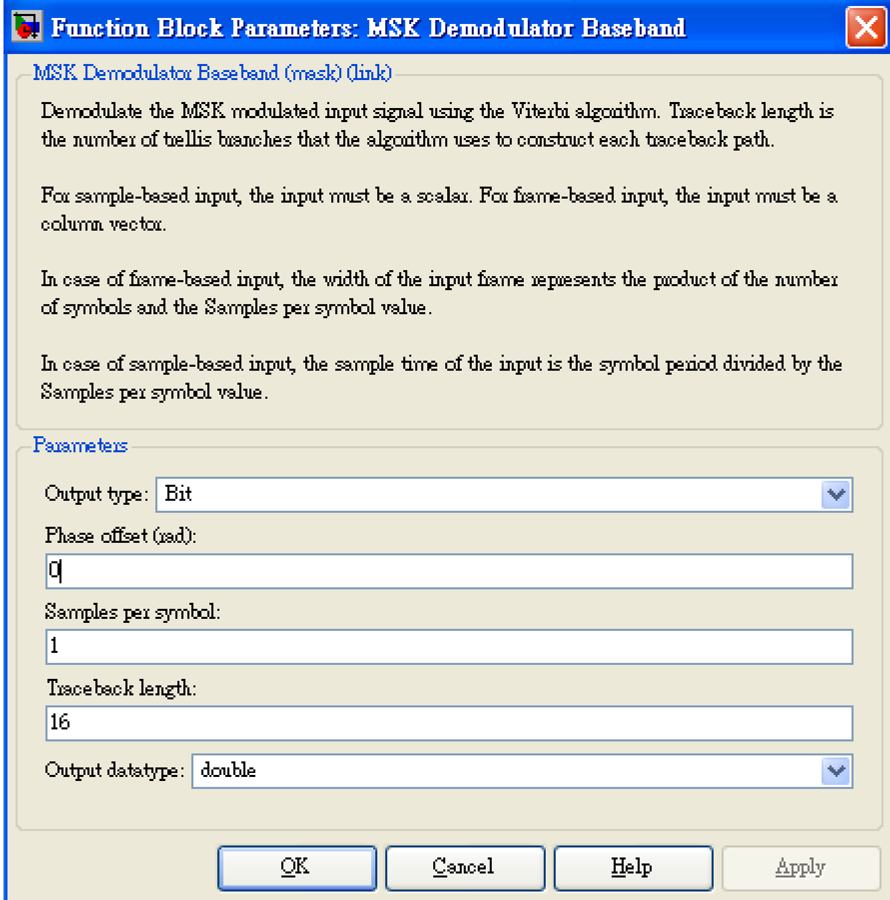
5. MSK Demodulator Baseband

- Input type：輸入資料格式，設定為 Bit
- Phase offset：調變相位偏移量，設定為 0
- Samples per symbol：每個symbol要被取樣的數目，設定為 1
- Traceback length：推算路徑長度，設定為 16
- Output data type：輸出的資料型態，設定為 double

實驗步驟



Function Block Parameters: MSK Modulator Baseband
MSK Modulator Baseband (mask) (link)
Modulate the input signal using the minimum shift keying method.
For sample-based input, the input must be a scalar. For frame-based input, the input must be a column vector.
In case of frame-based input, the width of the output frame equals the product of the number of symbols and the Samples per symbol value.
In case of sample-based input, the output sample time equals the symbol period divided by the Samples per symbol value.
Parameters
Input type: Bit
Phase offset (rad):
0
Samples per symbol:
1
Output data type: double
OK
Cancel
Help
Apply



Function Block Parameters: MSK Demodulator Baseband
MSK Demodulator Baseband (mask) (link)
Demodulate the MSK modulated input signal using the Viterbi algorithm. Traceback length is the number of trellis branches that the algorithm uses to construct each traceback path.
For sample-based input, the input must be a scalar. For frame-based input, the input must be a column vector.
In case of frame-based input, the width of the input frame represents the product of the number of symbols and the Samples per symbol value.
In case of sample-based input, the sample time of the input is the symbol period divided by the Samples per symbol value.
Parameters
Output type: Bit
Phase offset (rad):
0
Samples per symbol:
1
Traceback length:
16
Output datatype: double
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

6. AWGN Channel

- AWGN Channel1、AWGN Channel2使用相同設定
- Initial seed：設定亂數產生的依據，皆設定為 67
- Mode：雜訊對於訊號的影響方式，皆設定為 Eb/No
- Eb/No：設定訊號雜訊比的強度，皆設定為 5
- Number of bits per symbols：每一symbol的位元數，皆設定為 1
- Input Signal power：訊號強度，皆設定為 1
- Symbol period(s)：symbol的週期為 2

實驗步驟

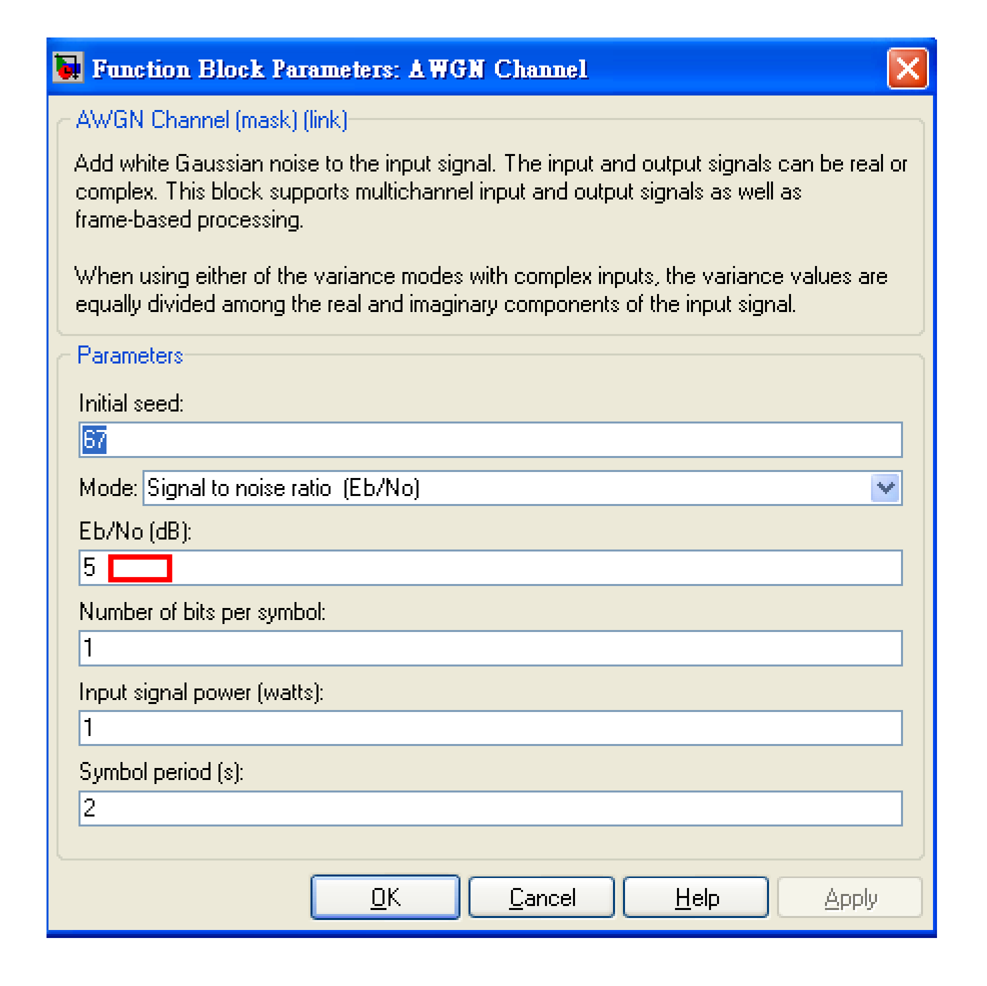
7. Error Rate Calculation

- Receive delay：接收端訊號的延遲時間，依序：

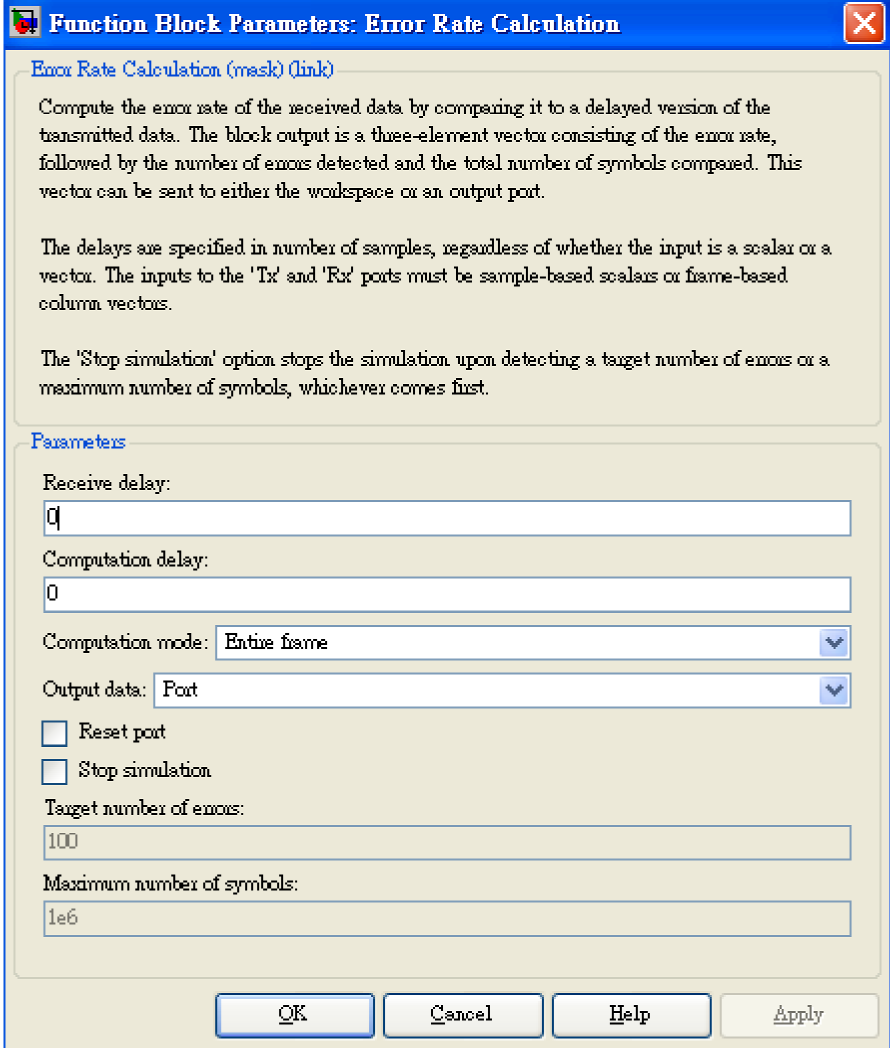
  Error Rate Calculation1設定為 0

  Error Rate Calculation2設定為 16
- Computation delay：計算的延遲時間，設定為 0
- Computation mode：選擇計算的模式，設定為 Entire frame
- Output data：計算結果的匯出方式，設定為 Port
- Stop simulation：中斷模擬的條件，設定為不勾選
- Target number of symbols：設定錯誤數量到達設定值時中斷模擬
- Maximum number of symbols：設定接收數量到達設定值時中斷模擬

實驗步驟



Function Block Parameters: AWGN Channel
AWGN Channel (mask) (link)
Add white Gaussian noise to the input signal. The input and output signals can be real or complex. This block supports multichannel input and output signals as well as frame-based processing.
When using either of the variance modes with complex inputs, the variance values are equally divided among the real and imaginary components of the input signal.
Parameters
Initial seed:
67
Mode: Signal to noise ratio (Eb/No)
Eb/No (dB):
5
Number of bits per symbol:
1
Input signal power (watts):
1
Symbol period (s):
2
OK
Cancel
Help
Apply



Function Block Parameters: Error Rate Calculation
Error Rate Calculation (mask) (link)
Compute the error rate of the received data by comparing it to a delayed version of the transmitted data. The block output is a three-element vector consisting of the error rate, followed by the number of errors detected and the total number of symbols compared. This vector can be sent to either the workspace or an output port.
The delays are specified in number of samples, regardless of whether the input is a scalar or a vector. The inputs to the 'Tx' and 'Rx' ports must be sample-based scalars or frame-based column vectors.
The 'Stop simulation' option stops the simulation upon detecting a target number of errors or a maximum number of symbols, whichever comes first.
Parameters
Receive delay:
0
Computation delay:
0
Computation mode: Entire frame
Output data: Port
Reset port
Stop simulation
Target number of errors:
100
Maximum number of symbols:
1e6
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

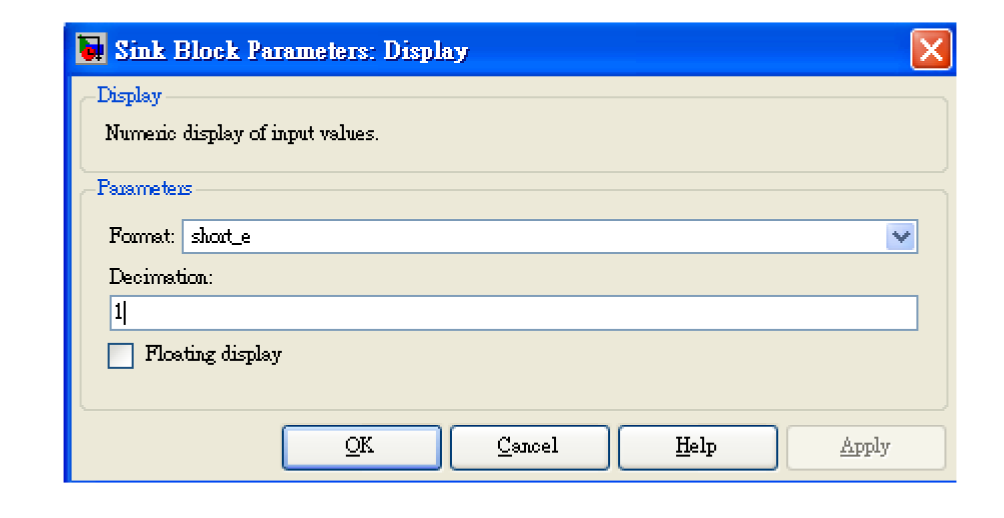
10. Display

- Format：數值顯示型態，設定為short_e
- Decimation：顯示的資料間距，設定為 1

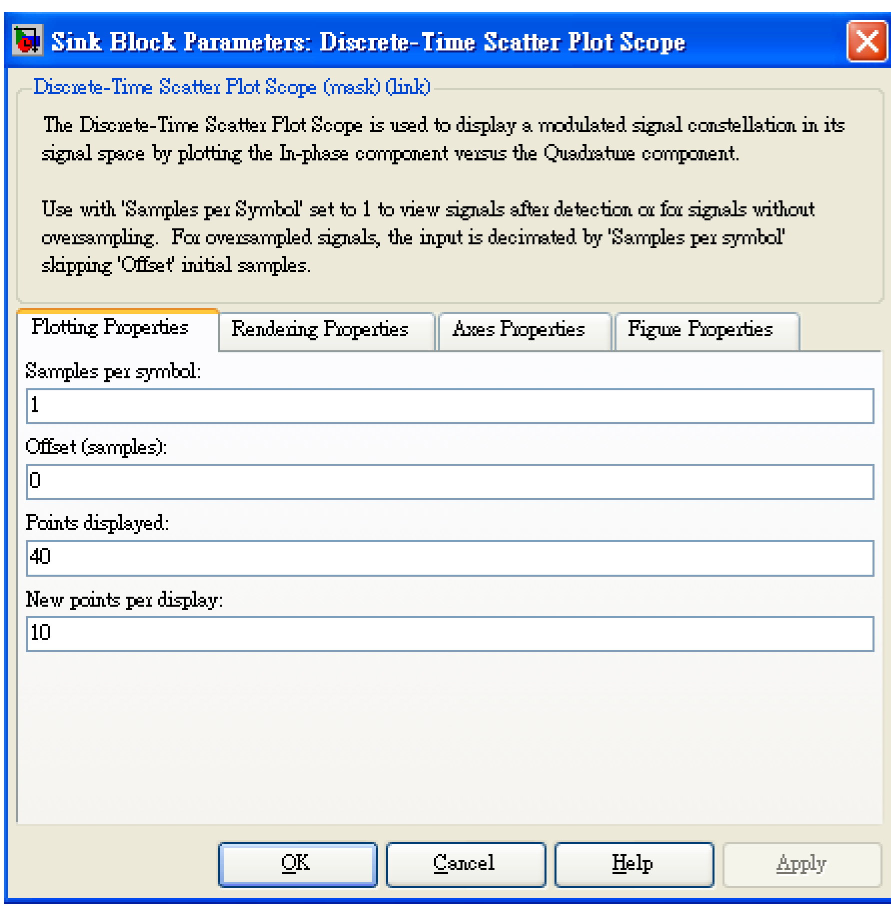
11. Discrete-Time Scatter Plot Scope

- Discrete-Time Scatter Plot Scope1、Discrete-Time Scatter Plot Scope2、Discrete-Time Scatter Plot Scope3、Discrete-Time Scatter Plot Scope4使用相同設定
- Samples per symbol：符元（symbol）取樣數，設定為 1
- Offset(samples)：開始顯示的取樣點，設定為 0
- Points displayed：每次顯示的點數（資料量），設定為 40
- New points per display：每次更新的點數（資料量），設定為 10

實驗步驟



Sink Block Parameters: Display
Display
Numeric display of input values.
Parameters
Format: short_e
Decimation:
1
Floating display
OK
Cancel
Help
Apply



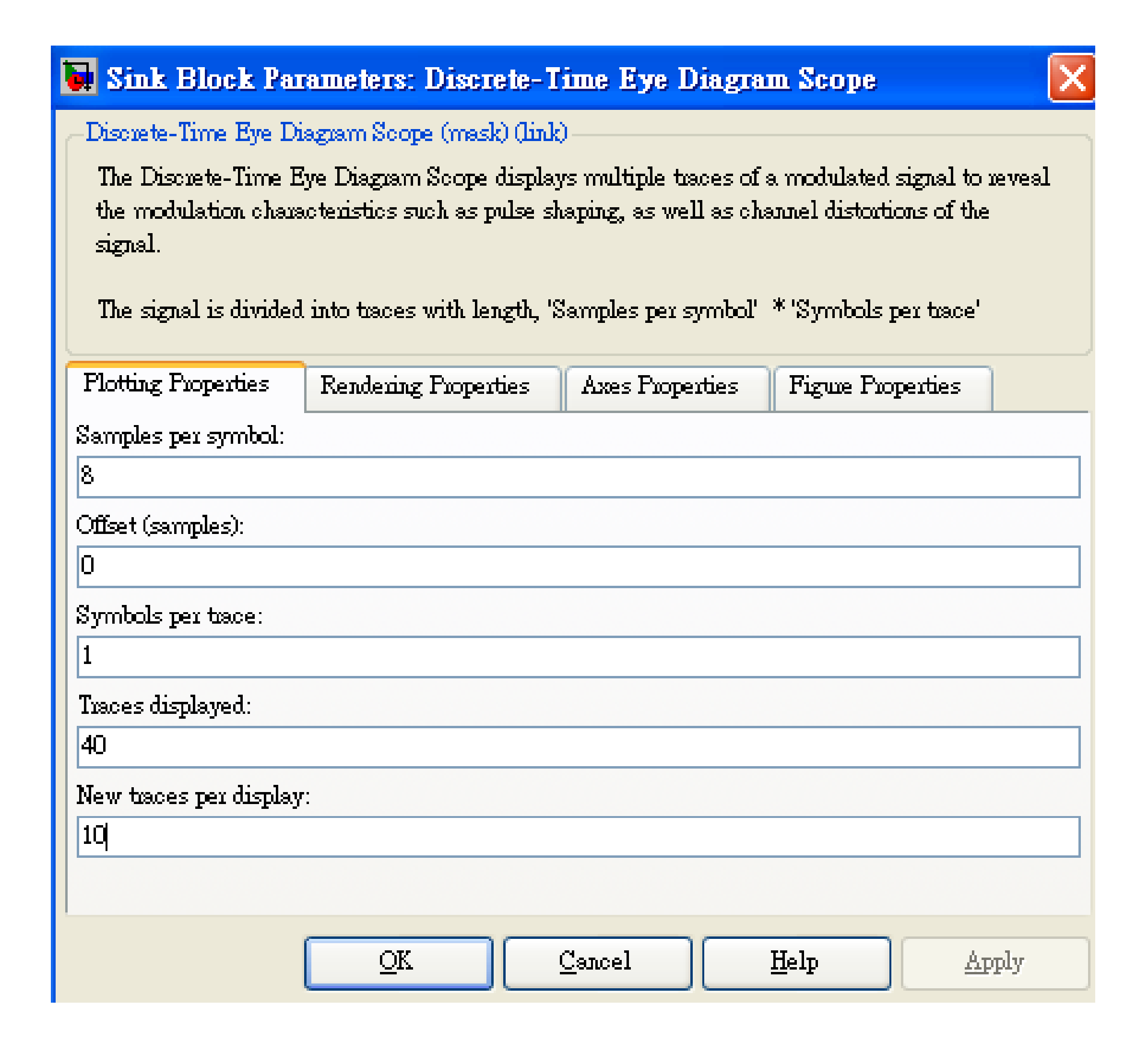
Sink Block Parameters: Discrete-Time Scatter Plot Scope
Discrete-Time Scatter Plot Scope (mask) (link)
The Discrete-Time Scatter Plot Scope is used to display a modulated signal constellation in its signal space by plotting the In-phase component versus the Quadrature component.
Use with 'Samples per Symbol' set to 1 to view signals after detection or for signals without oversampling. For oversampled signals, the input is decimated by 'Samples per symbol' skipping 'Offset' initial samples.
Plotting Properties
Rendering Properties
Axes Properties
Figure Properties
Samples per symbol:
1
Offset (samples):
0
Points displayed:
40
New points per display:
10
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

12. Discrete-Time Eye Diagram Scope

- Discrete-Time Eye Diagram Scope1、Discrete-Time Eye Diagram Scope2、Discrete-Time Eye Diagram Scope3、Discrete-Time Eye Diagram Scope4使用相同設定
- Samples per symbol：每個符元的取樣數，設定為 8
- Offset (samples)：延後顯示的取樣點數，設定為 0
- Sambols per trace：每調取線的符元數，設定為 1
- Traces displayed：每條顯示的取樣數量，設定為 40
- New traces per display：每次更新的曲線數量，設定為 10

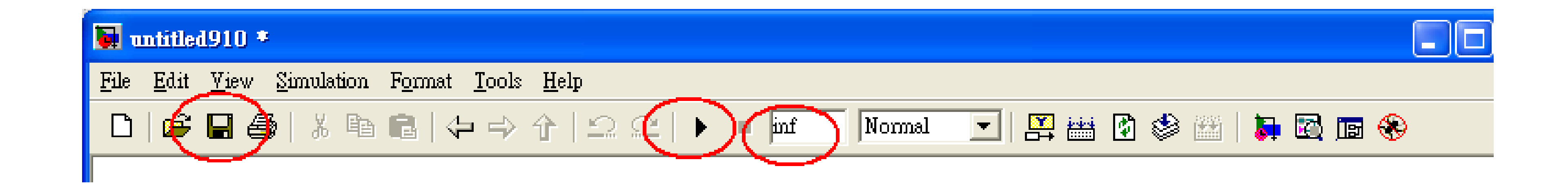
實驗步驟



Sink Block Parameters: Discrete-Time Eye Diagram Scope
Discrete-Time Eye Diagram Scope (mask) (link)
The Discrete-Time Eye Diagram Scope displays multiple traces of a modulated signal to reveal the modulation characteristics such as pulse shaping, as well as channel distortions of the signal.
The signal is divided into traces with length, 'Samples per symbol' * 'Symbols per trace'
Plotting Properties
Rendering Properties
Axes Properties
Figure Properties
Samples per symbol:
8
Offset (samples):
0
Symbols per trace:
1
Traces displayed:
40
New traces per display:
10
OK
Cancel
Help
Apply

實驗步驟

- 步驟-4：模擬環境設定：模擬時間設為inf，模擬時間將我們控制
- 步驟-5：儲存檔案
- 步驟-6：執行模擬



實習作業

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

實習作業

- **習題8.2：**

  當SNR愈大時，試著描述 Discrete-Time Scatter Plot Scope圖形有何變化？

實習作業

- **習題8.3：**

將M-PSK Modulator Baseband與M-PSK Demodulator Baseband 的constellation ordering調整成binary與gray兩種，且將AWGN的SNR調整成5dB，並探討說明此兩種錯誤機率的差異性。

實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）

实验3
third：在work文件夹下

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

實驗步驟

- 觀察QPSK, MSK調變後的訊號星座圖中訊號相位的變化
- 步驟-1：
  - M-PSK Modulator Baseband：是一種數位的相位調變，可產生有M種的相位變化。當M=4時，可產生基頻的QPSK訊號，以供觀察。
  - MSK Modulator Baseband：是一種數位的相位調變，為一 CPFSK (Continuous phase FSK) 訊號。其相位變化為線增加或減少90度，故相位有四種可能0度、90度、180度及270度。
  - 模擬高斯白雜訊(AWGN)對於訊號的影響：評估SNR=0~10dB，以了解整體錯誤機率的分佈為何。
  - Discrete-Time Signal trajectory Scope：用以觀察訊號在空間上的分佈，並給予適當的參數設定。主要觀看訊號調變後，訊號實數相位（In-phase）相對於訊號虛數相位 (Quadrature-phase) 在向量空間的相位變化。

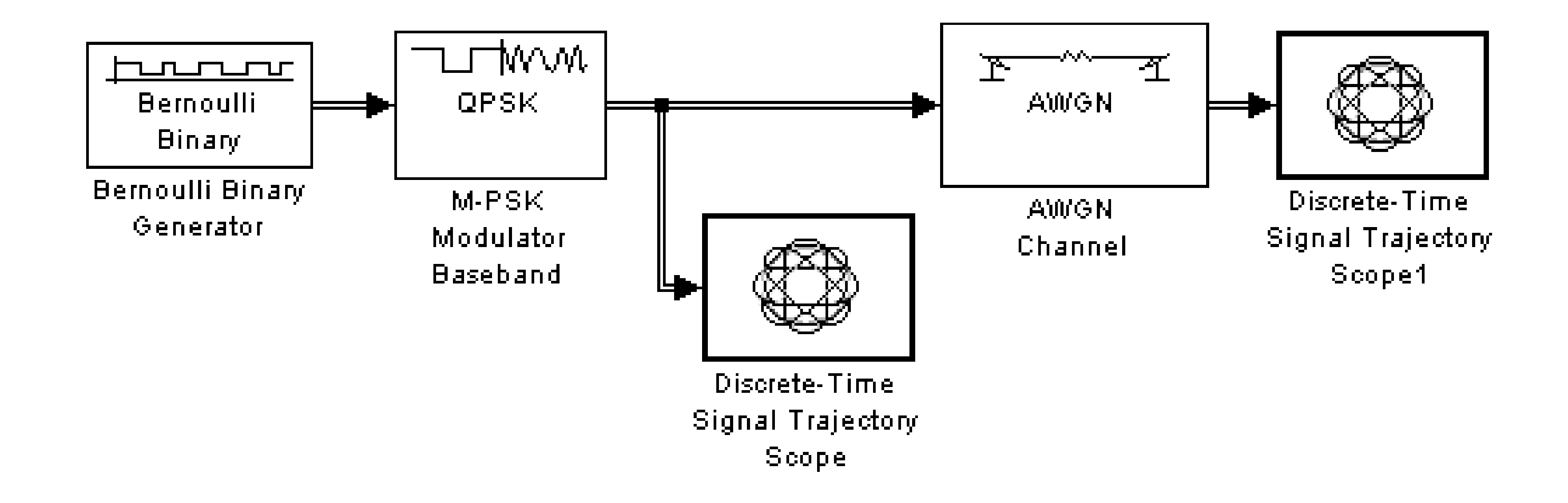
實驗步驟

- 步驟-2：
  - 開啟MATLAB\Simulink Brower。開新檔案。點選Blocks(模塊)，相關路徑參考如下：

1. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ PM \ BPSK Modulator Baseband
2. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ PM \ M-PSK Modulator Baseband
3. Communications Blockset \ Modulation \ Digital Baseband Modulation \ CPM \ MSK Modulator Baseband
4. Communications Blockset \ Comm Sources \ Random Data Sources \ Bernoulli Binary Generator
5. Simulink Blockset \ Comm Sinks\Discrete-Time Signal Trajectory Scope
6. Simulink Blockset \Channels\AWGN Channel

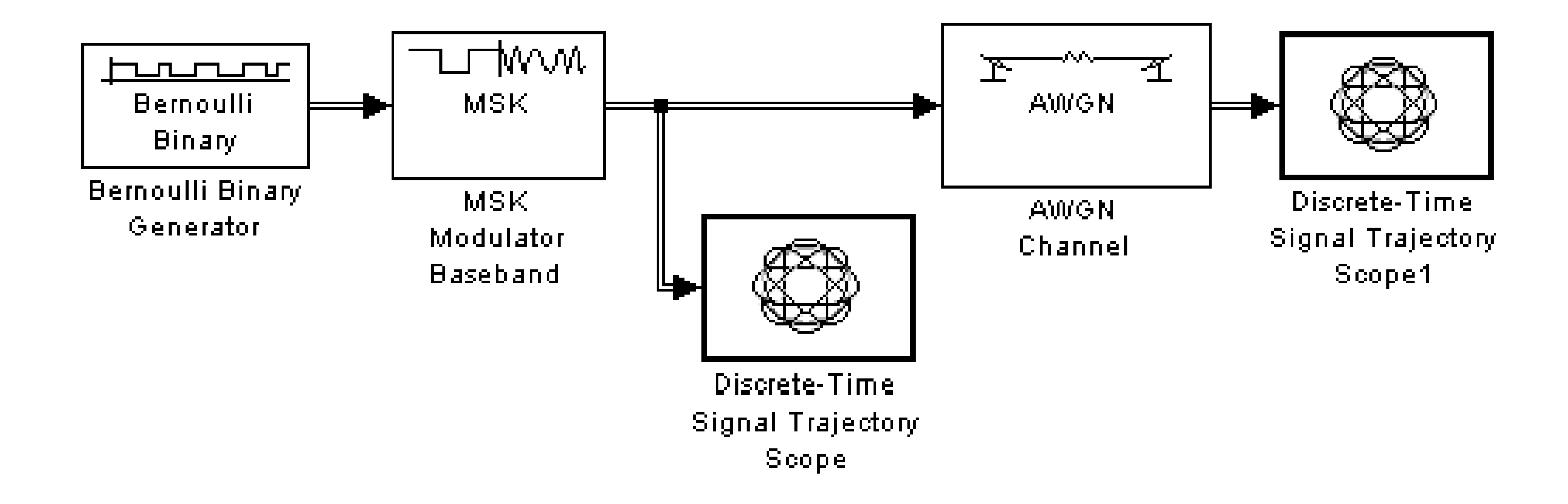
實驗步驟

- 將Blocks(模塊)連結成模組(Model)如下圖：QPSK



實驗步驟

- 將Blocks(模塊)連結成模組(Model)如下圖：MSK



實驗步驟

- 步驟-3：模組參數值設定

  1. Bernoulli Binary Generator

  - Probability of a zero ： 0出現的機率，接設定為 0.5
  - Initial seed ：設定亂數產生的依據，接設定為 61
  - Sample time：取樣時間，依序：

    Bernoulli Binary Generator-QPSK，設定為 0.5

    Bernoulli Binary Generator-MSK，設定為 1
  - Frame-base output ：以frame格式輸出，皆設定為勾選
  - Samples per frame：每個Frame的取樣數，依序：

    Bernoulli Binary Generator-QPSK，設定為 2

    Bernoulli Binary Generator-MSK，設定為 1
  - Output data type：輸出的資料型態，皆設定為 double

實驗步驟

2. M-PSK Modulator Baseband

- M-ary number：設定為調變階數，設定為 4
- Input type：輸入資料型態，設定為 Bit
- Constellation ordering：資料在IQ座標上的對應位置，設定為 Binary
- Phase offset (red)：調變相位偏移量，設定為 pi/4
- Output data type：輸出資料的型態，設定為 double

3. MSK Modulator Baseband

- Input type：輸入資料型態，設定為 Bit
- Phase offset (red)：調變相位偏移量，設定為 0
- Samples per symbol：每個symbol要被取樣的數目，設定為 8
- Output data type：輸出資料的型態，設定為 double

實驗步驟

4. AWGN Channel

- AWGN Channel-QPSK、AWGN Channel-MSK使用相同設定
- Initial seed：設定亂數產生的依據，設定為 67
- Mode：雜訊對於訊號的影響方式，設定為 Eb/No
- Eb/No：設定訊號雜訊比的強度，設定為 10
- Number of bits per symbols：每一symbol的位元數量，依序：
  AWGN Channel-QPSK為 2、AWGN Channel-MSK為 1
- Input Signal power：訊號強度，設定為 1
- Symbol period(s)：symbol的週期，設定為 1

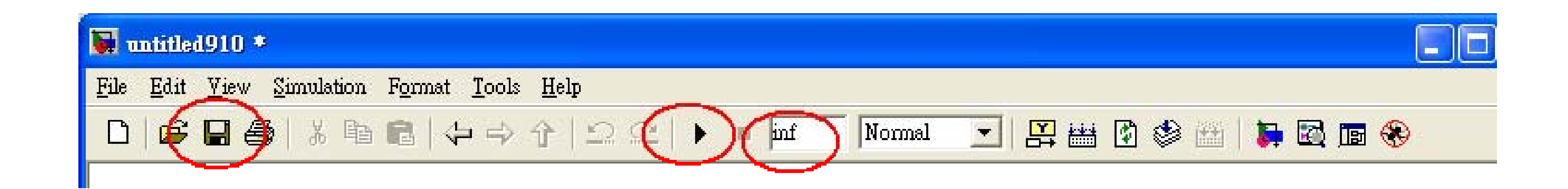
實驗步驟

5. Discrete-Time signal Trajectory Scope

- Discrete-Time signal Trajectory Scope1、Discrete-Time signal Trajectory Scope 2、Discrete-Time signal Trajectory Scope 3、Discrete-Time signal Trajectory Scope 4使用相同設定
- Samples per symbol：符元（symbol）取樣數，設定為 2
- Symbols displayed：每次顯示的點數（資料量），設定為 40
- Neq points per display：每次更新的點數（資料量），設定為 10
- Input Signal power：訊號強度，皆設定為1
- Symbol period(s)：symbol的週期為1

實驗步驟

- 步驟-4：模擬環境設定：模擬時間設為inf，模擬時間將我們控制
- 步驟-5：儲存檔案
- 步驟-6：執行模擬

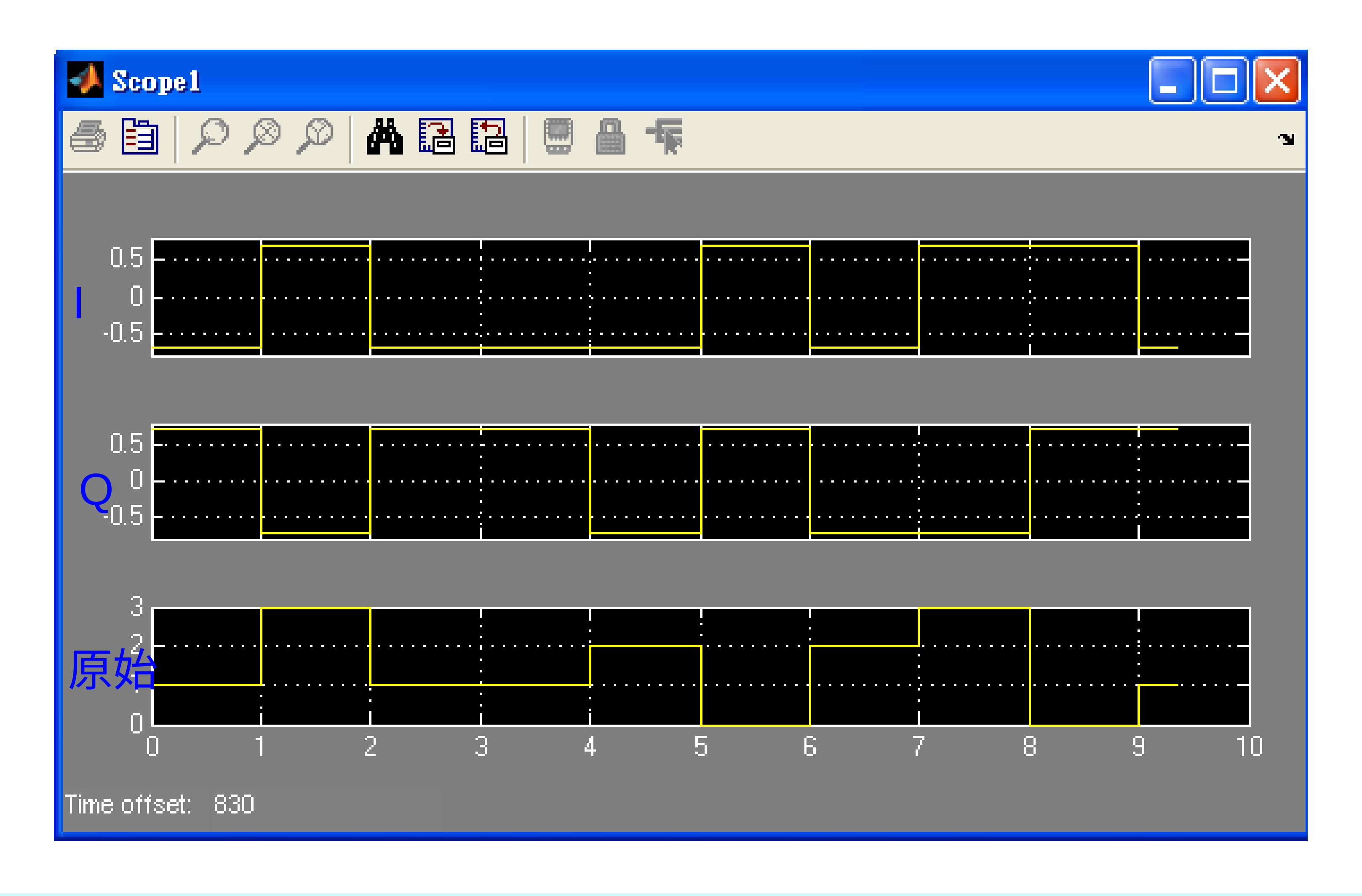


實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

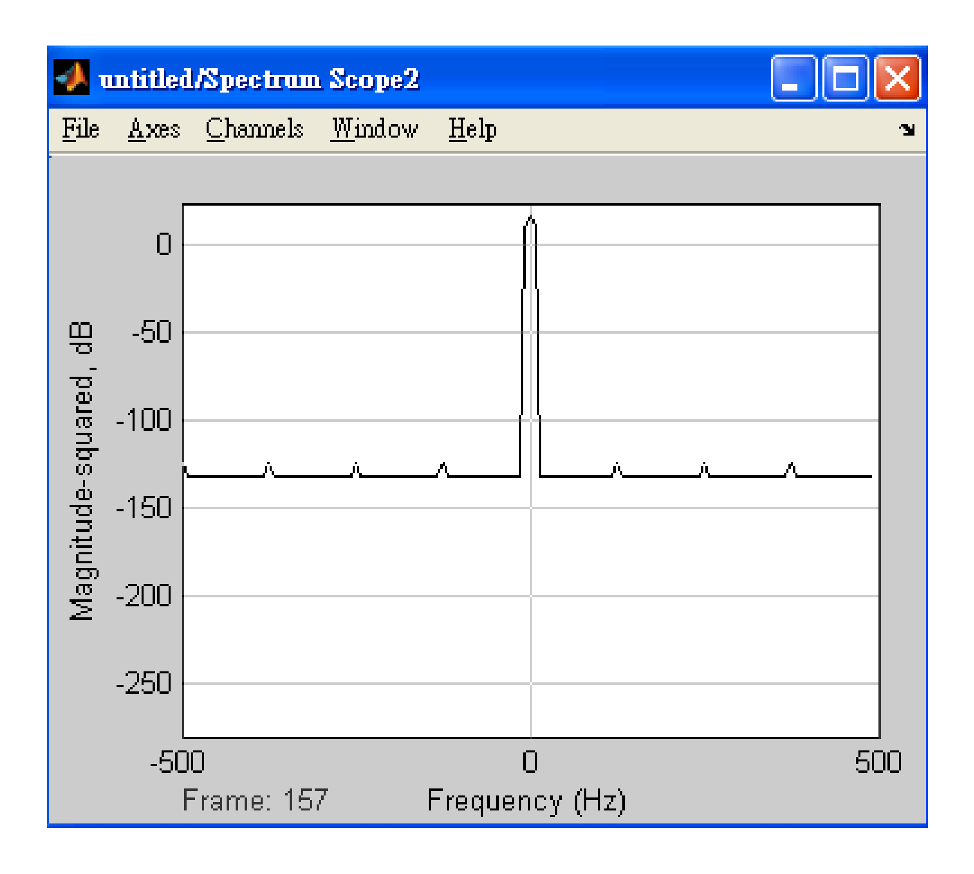
實驗結果討論

- Scope1顯示QPSK調變的訊號，模擬時間設為10的波形。分別是：(上圖)為I-channel訊號，(中圖)為Q-channel訊號，(下圖)為原始訊號。



實驗結果討論

- QPSK Spectrum Scope：

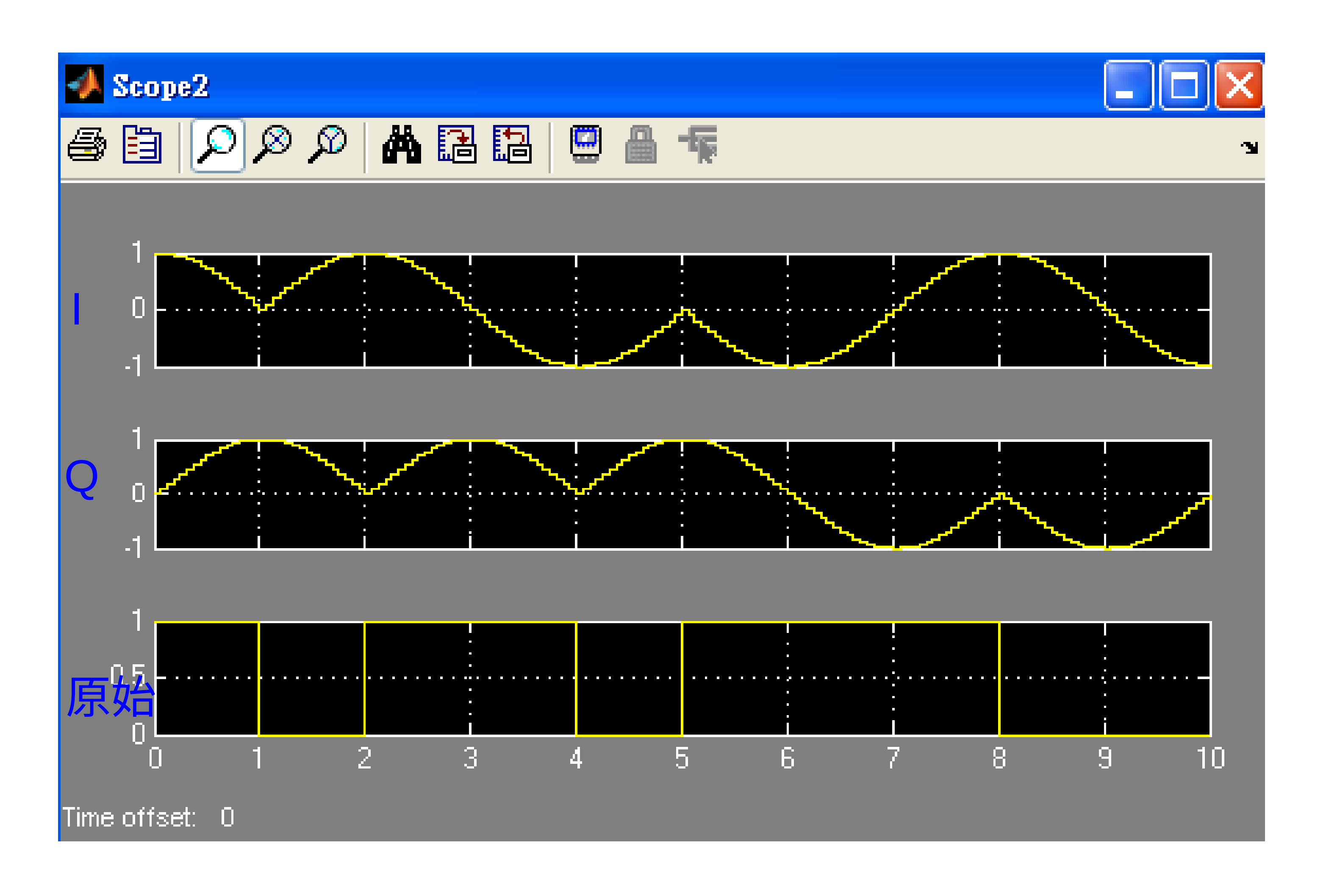


I-Channel的訊號頻譜

Q-Channel的訊號頻譜

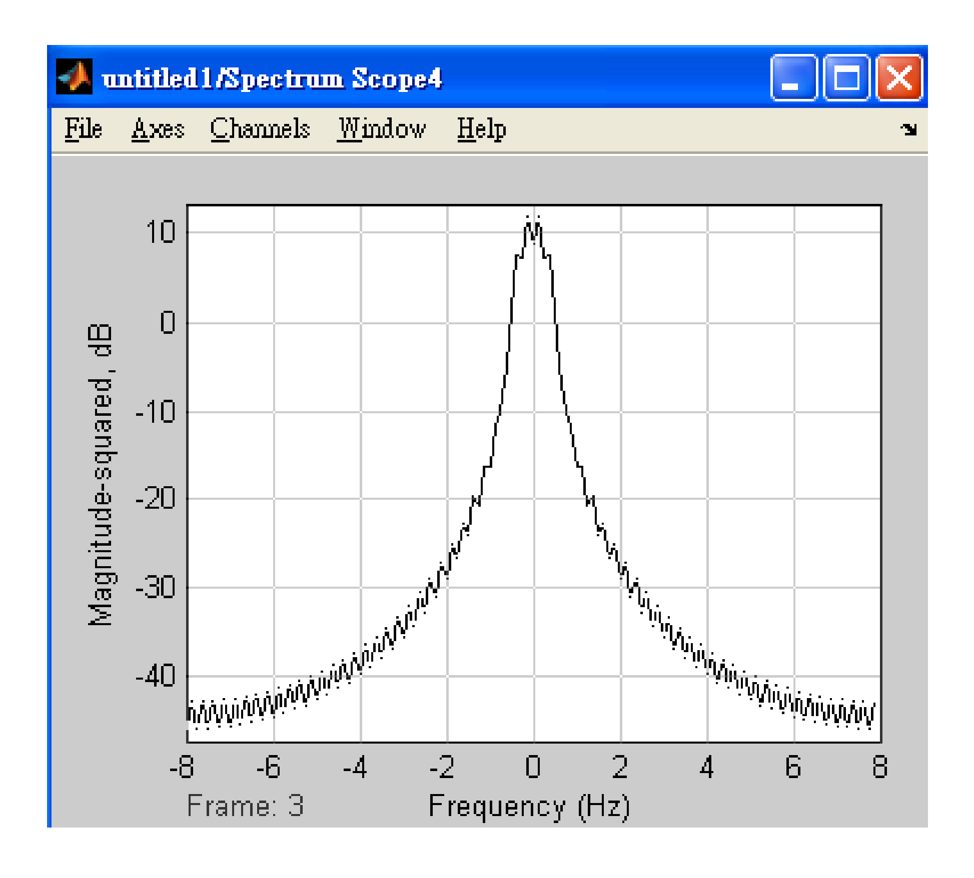
實驗結果討論

- Scope 2 顯示MSK調變的訊號，模擬時間設為10的波形。分別是：(上圖)為I-channel訊號，(中圖)為Q-channel訊號，(下圖)為原始訊號。



實驗結果討論

- MSK Spectrum Scope：



I-Channel的訊號頻譜

untitled1/Spectrum Scope5

File Axes Channels Window Help

Magnitude-squared, dB

10 0 -10 -20 -30 -40 -50

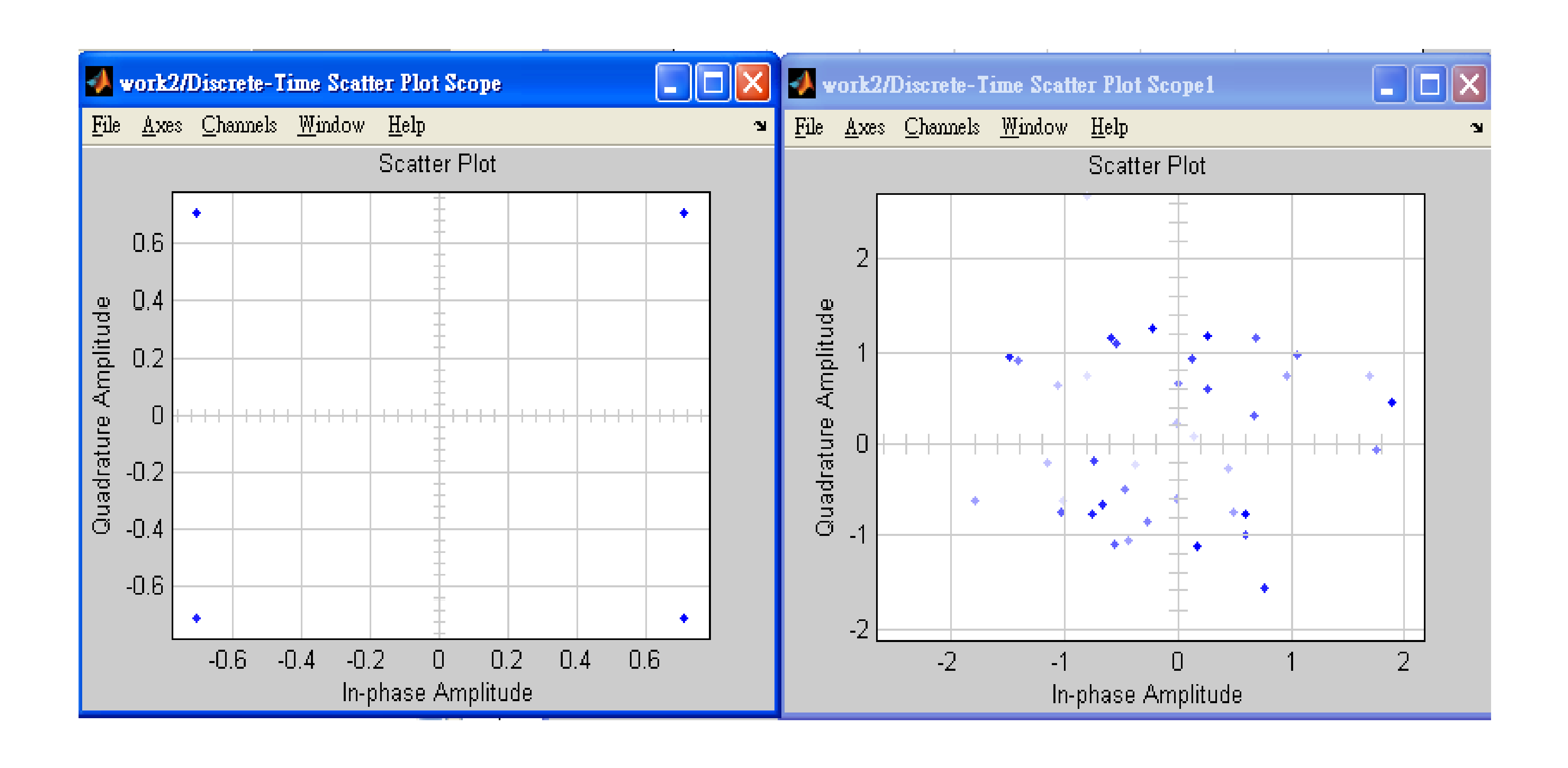
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8

Frame: 3 Frequency (Hz)

Q-Channel的訊號頻譜

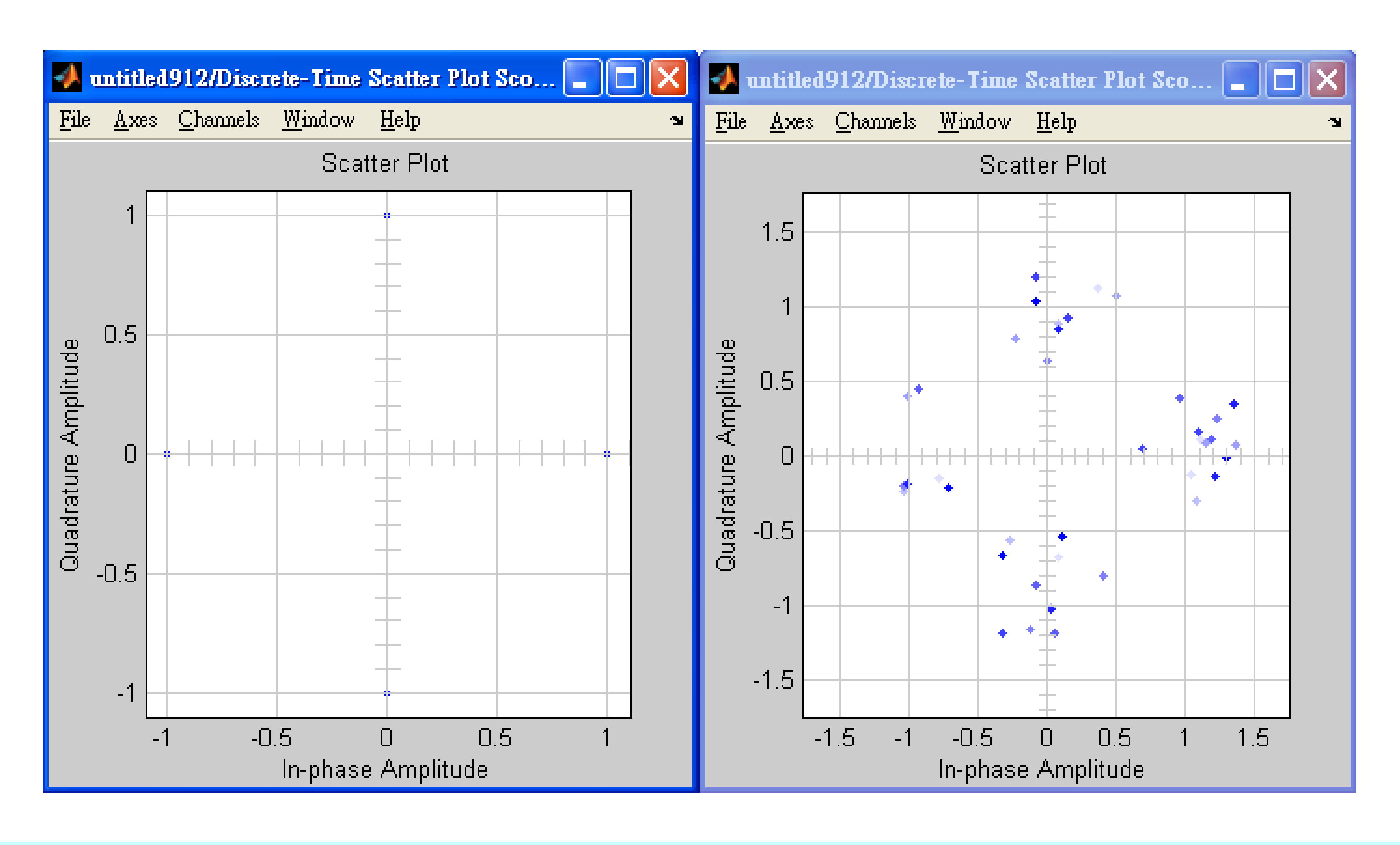
實驗結果討論

- 星座圖主要用於表現經過調變後的複數訊號。如左圖為乾淨的QPSK星座圖，右圖為含雜訊影響的QPSK星座圖。



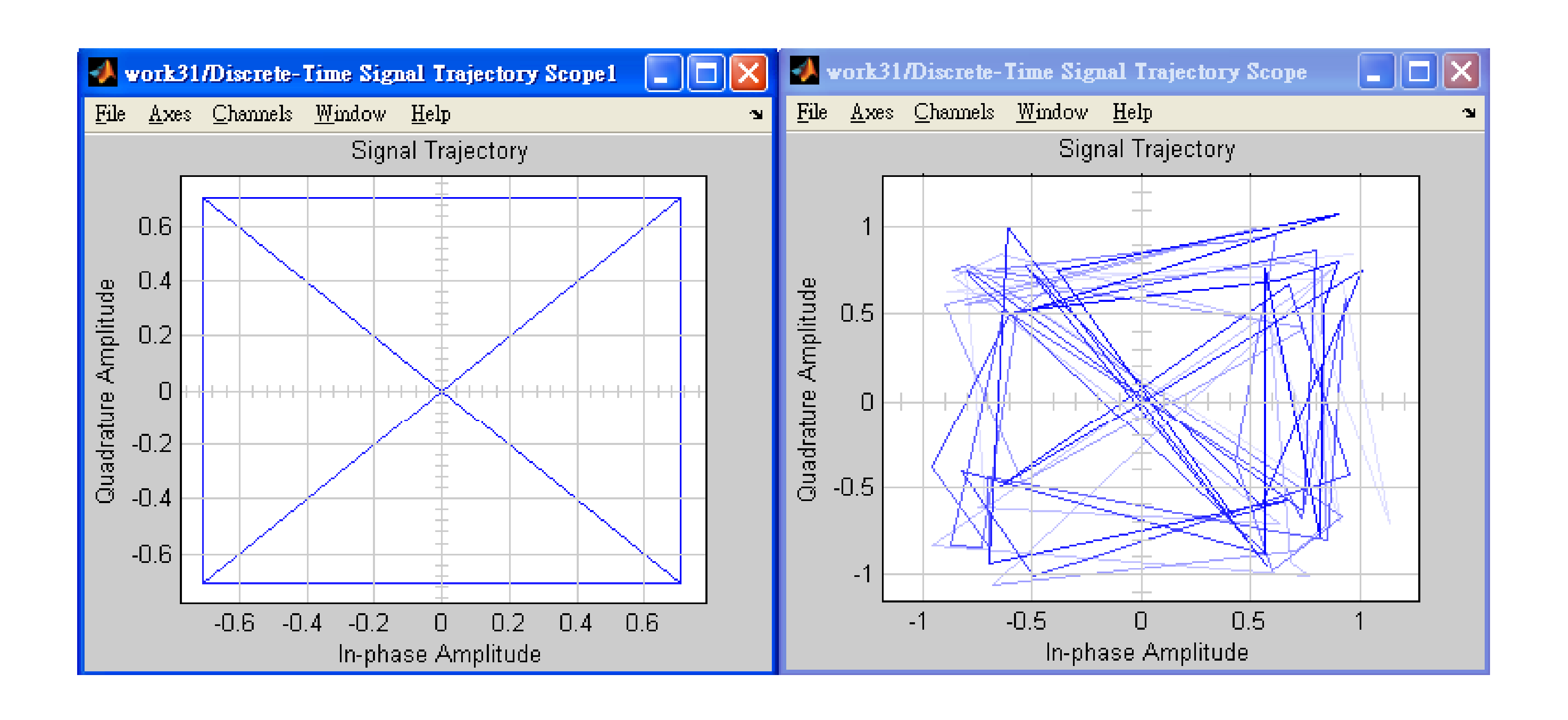
實驗結果討論

- 左圖為乾淨的MSK星座圖，右圖為含雜訊影響的MSK星座圖。



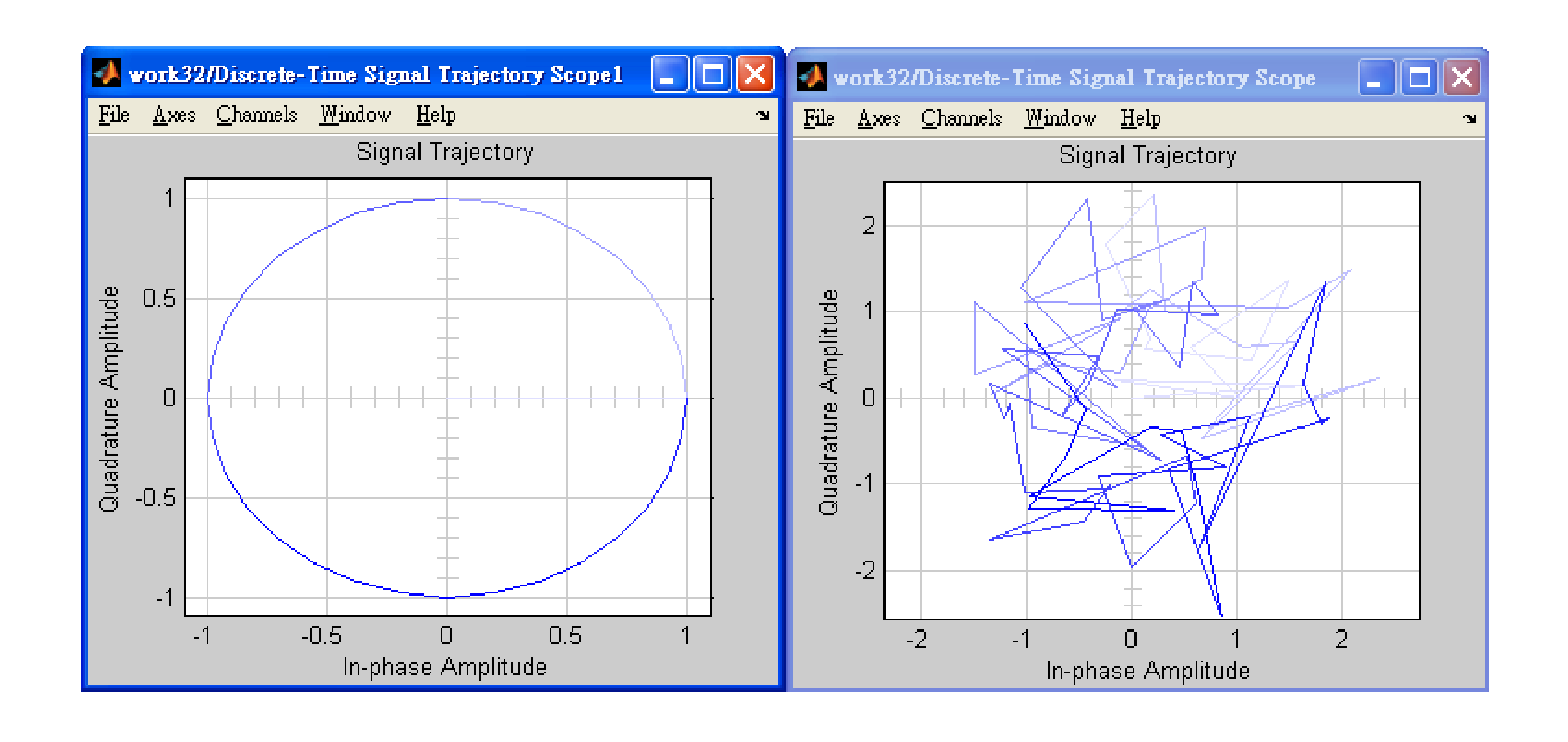
實驗結果討論

- 相位軌跡圖主要說明傳送後訊號的相位位置。如左圖為乾淨的QPSK相位軌跡圖，右圖為含雜訊影響的QPSK相位軌跡圖。



實驗結果討論

- 左圖為乾淨的MSK相位軌跡圖，右圖為含雜訊影響的MSK相位軌跡圖。



參考文獻

- 目的
- 原理
- 實驗：QPSK, MSK調變後的波形及頻譜（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號空間圖及位元錯誤率（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實習作業
- 實驗：訊號星座圖中訊號相位的變化（Simulink）
  - 實驗步驟
  - 實驗結果討論
- 參考文獻

參考文獻

- John G. Proakis, Masoud Salehi and Gerhard Bauch, *Contemporary Communication Systems Using MATLAB*, 2nd ed., Cengage-Engineering, 2003.
- John G. Proakis and Masoud Salehi, *Communication Systems Engineering*, 2nd ed., Prentice-Hall, 2001.
- S. Haykin, *Communication Systems*, 4th ed., John Wiley & Sons, 2001.
- B. Sklar, *Digital Communications*, 2nd ed., Prentice-Hall, 2001.
- 鈦思科技，*視覺化建模環境 —Simulink 入門與進階*，鈦思科技，2001。
- 鈦思科技，*通訊系統設計與模擬 – 使用 MATLAB / Simulink*，鈦思科技，2007。